

LA MINÉRALOGIE

DE LA

FRANCE D'OUTRE-MER

AU

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

BULLETIN
DU
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

2^e Série. — Tome III
(Supplément 1931)

LA MINÉRALOGIE

DE LA

FRANCE D'OUTRE-MER

(DÉPARTEMENTS ALGÉRIENS, COLONIES, PROTECTORATS)

AU

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

PAR

A. LACROIX

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, PARIS-VI^e

LA MINÉRALOGIE

DE LA

FRANCE D'OUTRE-MER

AU

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

PAR M. A. LACROIX.

Lorsqu'en 1893, j'ai assumé la direction de la Collection minéralogique du Muséum national d'histoire naturelle, je n'y ai trouvé que quelques centaines d'échantillons de minéraux de la France d'Outre-mer (Départements algériens, Colonies, Protéctorats).

La nécessité de me documenter pour la *Minéralogie de la France et de ses colonies* dont je venais de commencer la publication, m'a conduit à faire un grand effort pour constituer des séries de minéraux et de roches des Colonies françaises. Un courant s'est ainsi créé peu à peu vers le Muséum et, aujourd'hui, il fournit plus de la moitié des entrées de notre grande collection nationale.

Je ne me suis pas proposé de constituer, puis d'enrichir, une sorte de Campo Santo, où des minéraux et des roches exactement déterminés et catalogués seraient simplement exposés sur les rayons d'élégantes vitrines. J'ai voulu surtout étudier ces documents et décrire tous ceux qui en valaient la peine. Ainsi notre collection des minéraux et des roches des Colonies, comme aussi celle des matériaux de la métropole, est devenue une collection de types, souvent uniques; c'est ce qui constitue son originalité et contribue à lui donner son incomparable valeur.

La bibliographie accompagnant cet exposé fournit le bilan des résultats d'un dessein poursuivi sans interruption depuis trente-huit ans par mes élèves et par moi-même et que j'ai complétés par de nombreuses explorations personnelles sur le terrain. Pour toutes nos Colonies, les travaux qui figurent sur ces listes constituent ce qui a été publié de plus important sur la question : pour certaines d'entre elles, ils représentent presque la totalité de ce qui a été publié.

Il eut été intéressant à l'occasion de l'*Exposition Coloniale internationale* qui vient de s'ouvrir, de réunir tous ces minéraux en un seul ensemble, mais l'organisation de notre Collection ne le permet pas : les minéraux y sont classés, non par ordre géographique, mais suivant une méthode systématique basée sur leur composition chimique et leur forme cristalline. Dans certains groupes, les échantillons d'origine coloniale jouent un rôle si éminent que les en extraire, même provisoirement, eut été détruire complètement l'économie générale de notre *Exposition permanente*.

J'ai donc cherché un autre moyen de mettre en évidence les productions minérales des Colonies françaises et c'est dans ce but qu'a été rédigé cet exposé sommaire de tous les documents coloniaux du service de Minéralogie [qui, soit du point de vue théorique, soit du point de vue pratique, présentent quelque intérêt; cette restriction est nécessaire, car il ne saurait être question ici d'énumérer tous les minéraux communs, dépourvus d'intérêt général, que nous possédons.

Il est facile de reconnaître, au premier coup d'œil, dans notre Galerie les minéraux de nos possessions lointaines, grâce au cadre bleu de leur étiquette; cette couleur les distingue des minéraux de la métropole dont les étiquettes ont un cadre noir, alors que celles des minéraux provenant des autres pays sont encadrées de rouge.

Les échantillons exposés au public ont été choisis parmi les plus beaux, les tiroirs situés sous les vitrines en renferment une grande quantité d'autres.

Les minéraux considérés en eux-mêmes, et constituant la collection de *Minéralogie proprement dite*, puis les minéraux associés pour former les roches, c'est-à-dire la *Lithologie*, vont être passés en revue successivement.

C'est pour moi un agréable devoir de remercier les autorités officielles et tous ceux qui m'ont aidé dans ma tâche; on trouvera, pour chaque Colonie, etc., énumérés les principaux de ces amis de la Science et du Muséum, ayant eu le souci de travailler à la connaissance du sol de notre domaine colonial et par suite à sa grandeur et à sa prospérité.

Le sous-directeur de mon laboratoire, M. P. Gaubert, et mon assistant, M. Orcei, ont été pour moi de précieux collaborateurs.

DISTRIBUTION DES COLLECTIONS

I. — MINÉRALOGIE

Les collections minéralogiques sont exposées au rez-de-chaussée de la Galerie.

La collection systématique est placée dans les vitrines horizontales et verticales situées contre les colonnes du monument; elles sont numérotées de 1 à 192, à partir de la gauche, quand on entre dans la galerie et qu'on la parcourt dans le sens des aiguilles d'une montre.

De grandes armoires verticales placées contre les colonnes renferment une collection de minéraux, classée d'après leur gisement géologique, puis la *Minéralogie technologique* : minéraux non métalliques, marbres, pierres dures utilisées dans l'art et l'industrie, etc.

Au centre de la Galerie, une vitrine monumentale renferme, depuis peu, la collection des *minerais métalliques*, ordonnés d'après le métal utile. Elle est flanquée, à gauche et à droite, de grandes vitrines en fer et glaces, renfermant de gros échantillons hors série de la collection générale, ceux d'origine coloniale sont particulièrement remarquables. Sur leur prolongement, entre les meubles contenant la collection géologique, se trouvent deux vitrines, symétriquement disposées, contenant la collection de *pierres précieuses*.

Aux deux extrémités de la Galerie, enfin, sont distribués, hors série, de gros échantillons de taille exceptionnelle.

Le catalogue de la collection, en vente à la porte de la Galerie, donne des détails plus étendus qui ne sauraient prendre place ici.

II. — LITHOLOGIE

La collection systématique de roches occupe, dans la Galerie de Minéralogie, la première travée des vitrines horizontales centrales faisant suite à celles contenant les pierres précieuses. On y trouve quelques échantillons provenant de nos Colonies, mais cette collection ne renferme qu'un nombre limité de roches.

Météorites. — Au voisinage de la grande vitrine centrale consacrée aux minerais métalliques, sont disposées onze vitrines, renfermant la collection de météorites. L'une d'elles est consacrée aux pierres et aux fers, et aussi aux tectites de la France

d'Outre-Mer. Un gros bloc de fer météorique du Touat est placé en avant de la statue de Cuvier.

Collection lithologique du laboratoire.

Au Muséum, les collections de roches faisant traditionnellement partie du Service de Géologie, la collection lithologique du laboratoire de Minéralogie a été, et est restée, pendant de très longues années, une collection privée, constituée par mes récoltes personnelles, celles de mes élèves et de mes amis. Ce n'est que depuis peu qu'à la suite d'une entente réalisée avec le Service de Géologie j'ai pris la charge de la collection systématique de roches et que, par suite, ma collection lithologique a acquis un caractère officiel. Mais comme aucun crédit ne lui était affecté, son organisation et son fonctionnement n'ont pu être assurés, jusqu'à une date récente, que grâce à la générosité d'un mécène, M. Jacques Bienenfeld. Aujourd'hui, elle est bien classée, cataloguée et pourvue d'un système de fiches minéralogiques et géographiques tenues à jour et faciles à consulter.

M. le colonel Azéma, M^{me} E. Jérémine et M. Adolphe Richard ont coopéré avec activité et dévouement à l'exécution de ce grand travail.

Le but envisagé a été de réunir une collection de types de toutes les roches éruptives et métamorphiques connues en échantillons aussi irréprochables que possible; ce sont ces matériaux sélectionnés qui ont été étudiés par les méthodes optiques, exigeant la confection coûteuse d'un grand nombre de lames minces pour l'examen microscopique, et par les méthodes chimiques.

Pour pouvoir faire effectuer les innombrables analyses chimiques complètes nécessaires à la réalisation de mon programme, de grandes ressources financières étaient indispensables : le Muséum ne pouvant les fournir, elles ont été obtenues surtout grâce à des subventions des Gouverneurs généraux de nos Colonies : Afrique occidentale, Afrique équatoriale, Algérie, Indochine, et *plus particulièrement* Madagascar. Ainsi a pu être obtenu un double résultat : 1^o l'étude très poussée de la composition chimique et minéralogique du sol de toutes nos Colonies, où rien n'avait été fait jusqu'alors à ce point de vue; proportionnellement à sa surface, Madagascar est aujourd'hui, de beaucoup, le pays du monde pour lequel il existe le plus grand nombre d'analyses complètes de roches, et 2^o l'obtention de documents d'une valeur inestimable au point de vue général. Aussi la connaissance de la composition chimique des roches des Colonies françaises constitue-t-elle l'ossature du *Traité de Lithologie* dont j'achève la rédaction.

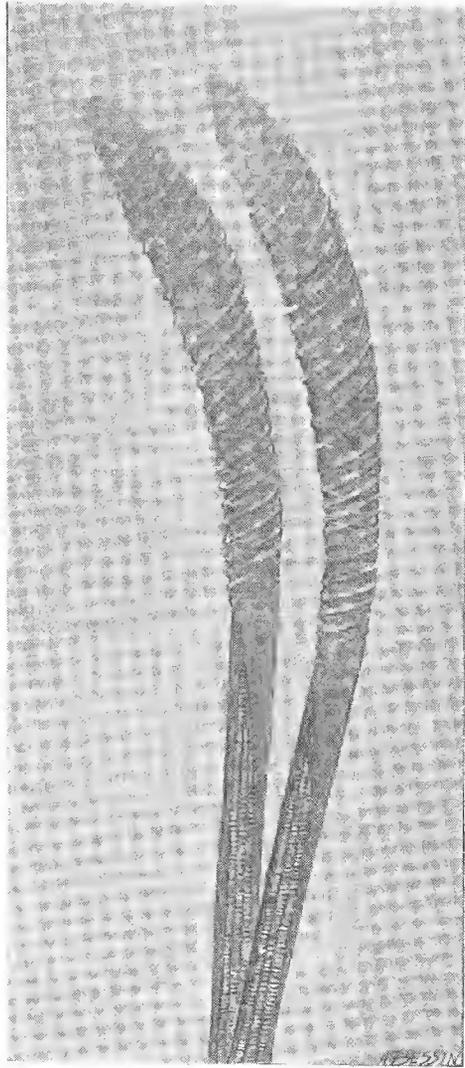


Fig. 1.

Les analyses ont été effectuées avec une grande habileté par MM. Pisani, Boiteau, Lassicur et surtout par M. Raoult.

Dans cette collection systématique, la valeur à attribuer à chaque échantillon est mise en relief par la couleur de la boîte qui le renferme, les morceaux mêmes qui ont été analysés, c'est-à-dire les *types*, ont une boîte *rouge*; ceux qui proviennent seulement d'un gisement dont les roches ont été analysées, c'est-à-dire les *colypes*, ont une boîte d'un *bleu pâle*, enfin, la boîte des échantillons qui restent à analyser est d'un *bleu foncé*.

Pour chaque roche analysée a été rédigée une fiche donnant le résultat de l'analyse chimique et son interprétation chimico-minéralogique. La bibliographie, quand il y a lieu, et, au fur et à mesure des possibilités, la description minéralogique des plaques minces correspondantes sont inscrites sur le verso de la fiche. Je ne crois pas m'avancer trop en disant qu'il n'existe nulle part de collection comparable à celle-ci. Elle comprend uniquement les roches éruptives et métamorphiques; quant aux roches sédimentaires, elles ne sont représentées que par un nombre limité d'échantillons, réunis seulement pour référence.

D'une façon générale, quand une série de roches arrive au laboratoire, dès qu'elle a été étudiée, ne sont conservés et intercalés dans cette collection que les échantillons analysés et ceux présentant quelque intérêt spécial. Le gros de la récolte est remis au Service de Géologie qui possède de grandes séries, classées au point de vue géographique.

Exception a été faite seulement pour quelques séries coloniales particulièrement intéressantes. Elles constituent des annexes à la collection systématique.

BIBLIOGRAPHIE

ABRÉVIATIONS

<i>B. S. F. M.</i>	Bulletin de la Société française de Minéralogie. Paris.
<i>Bull. Com. ét. hist. sc. Afr. occ. franç.</i>	Bulletin du comité d'études historiques et scientifiques de l'Afrique occidentale française. Dakar.
<i>Bull. Mines Mad.</i>	Bulletin des mines de Madagascar. Tananarive.
<i>Bull. Muséum, Paris.</i>	Bulletin du Muséum d'histoire Naturelle. Paris.
<i>Bull. Serv. géol. Indochine</i>	Bulletin du service géologique de l'Indochine. Hanoi.
<i>Bull. Soc. Belge Géol.</i>	Bulletin de la Société belge de Géologie. Bruxelles.
<i>Bull. Soc. géol. France</i>	Bulletin de la Société géologique de France. Paris.
<i>C. R.</i>	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences. Paris.

<i>C. R. Acad. sc. colon</i>	Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences coloniales. Paris.
<i>C. R. Ass. franç. avanc. sc.</i>	Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences. Paris.
<i>C. R. Cong. Soc sav. Paris</i>	Comptes rendus du congrès des sociétés savantes de Paris et des départements. Paris.
<i>C. R. Soc. géol. France</i>	Comptes rendus sommaire des séances de la société géologique de France. Paris.
<i>La Géographie</i>	Bulletin de la Société de Géographie.
<i>Mém. Acad. sc. Paris</i>	Mémoires de l'Académie des sciences. Paris.
<i>Nouv. Arch. Mus. Paris</i>	Nouvelles archives du Muséum d'histoire Naturelle. Paris.
<i>Rev. gén. Sc.</i>	Revue générale des sciences pures et appliquées. Paris.
<i>Rev. sc.</i>	Revue scientifique. Paris.

Dans les bibliographies qui accompagnent chaque division de ce travail n'ont été cités que les travaux effectués au Muséum et à quelques unités près dans mon laboratoire. Pour ce qui est antérieur à 1913, on trouvera dans ma « Minéralogie de la France et de ses colonies » un complément d'informations.

TRAVAUX SUR LES COLONIES FRANÇAISES EN GÉNÉRAL

Lacroix (A.).

1. Discours prononcé au Congrès des Sociétés savantes, le 13 avril 1912.
2. Les gisements de l'or dans les Colonies françaises. *Conférence faite au Muséum d'histoire Naturelle en 1917, in Nos Richesses coloniales*. Paris (Challamel), 1918, p. 1-60.
3. Minéralogie de la France et de ses colonies. Paris. Description physique et chimique des minéraux. Étude des conditions géologiques de leurs gisements. T. I (1893-95), 723 p. — T. II (1897), 804 p. — T. III (1901-1909), 816 p. — T. IV (1910), 1^o supplément 923 p. — T. V (1913), 2^o supplément et Index Géographique 501 p. Avec nombreuses figures géométriques et photographies.
4. Les ressources des colonies françaises et leurs débouchés. Discours prononcé à la Société des Anciens Élèves et Élèves de l'École libre des Sciences Politiques. In *La Politique coloniale de la France*, F. Alcan, Paris, 1924, p. 55-66.

I

MADAGASCAR

J'ai fait porter le maximum de mes efforts sur Madagascar, parce qu'au point de vue minéralogique, la Grande Ile était, à l'origine de mes études, la plus inconnue et qu'elle s'est montrée bientôt la plus intéressante et la plus riche de nos Colonies. Elle joue aujourd'hui un rôle de premier plan dans la science minéralogique par le nombre, par la variété, par l'importance des roches et des minéraux, parfois spéciaux, qu'elle renferme et aussi par les particularités de leurs gisements. Beaucoup d'entre eux ne sont pas seulement intéressants au point de vue scientifique, ils ont une importance économique et leur exploitation constitue l'une des ressources les plus fructueuses de la Colonie.

Les trois quarts de l'île sont constitués par des *Schistes cristallins* et des *Roches intrusives*; c'est là que sont concentrés le plus grand nombre de ses gisements de minéraux d'intérêt pratique à l'exclusion des gisements de charbon, de combustibles liquides, de phosphate de chaux, encore incomplètement étudiés, et qui sont situés dans les *Formations sédimentaires* de l'Ouest (Permien à Quaternaire, avec grand développement du Secondaire), constituant le dernier quart de la Colonie. Il existe aussi quelques lambeaux de sédiments sur la côte orientale de l'île et quelques îlots de schistes cristallins au milieu des sédiments de l'ouest. Sauf ces restrictions, schistes cristallins et roches éruptives anciennes et sédiments non métamorphiques ont des domaines distincts.

Quant aux *Formations volcaniques ou intrusives* postjurassiques qui s'observent dans toute l'étendue de Madagascar, elles sont beaucoup plus intéressantes au point de vue lithologique que minéralogique.

Cette partie ancienne de l'île paraît avoir été émergée depuis la fin de l'ère primaire; elle a, par suite, subi, depuis lors, de profondes érosions; ainsi s'explique la nature de sa Minéralogie qui est essentiellement une *Minéralogie de silicates et d'oxydes*: les titanates, tantalates, niobates y abondent. A l'exception du graphite et de l'or, et d'un peu d'argent, les corps simples sont absents; les sulfures et sulfosels et aussi les haloïdes, les carbonates, sulfates, phosphates, arséniates sont rares. Tel est le caractère très particulier de la minéralogie résumée plus loin.

Il ne faut pas oublier que Madagascar, mesurant près de 1600 kms,

suivant le méridien, se trouve en grande partie dans une zone intertropicale, que son sol, aux altitudes les moins élevées, a subi d'intenses transformations *latéritiques*, de telle sorte que beaucoup de ses minéraux ont fait l'objet de concentrations superficielles dans des éluvions, formés par la *terre rouge*, puis ont été entraînés dans les alluvions.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

a) *Gisements métallifères.*

Or. — Les filons sont rares, spéciaux et localisés dans les terrains triasiques de la bordure septentrionale du Massif central ou à leur voisinage. Ce sont des filons de quartz, composés par des cristaux distincts de ce minéral. L'or, très argentifère (électrum), est toujours cristallitique ou nettement cristallisé. Dans les mêmes conditions, l'argent est exceptionnel, avec des produits sulfurés (argyrite).¹

Dans le Massif central, l'or est disséminé un peu partout; il se trouve comme élément métamorphique dans toutes les catégories de schistes cristallins (gneiss, micaschistes, quartzites à magnétite et même calcaires) et surtout dans des veinules de quartz interstratifiées dans les gneiss; ces veines sont d'autant plus riches que leur épaisseur est moindre. A l'inverse du cas signalé plus haut, cet or est généralement à haut titre. Il est accompagné d'un peu de sylvanite dans un seul gisement, rarement de sulfure de cuivre, plus souvent de pyrite, de feldspaths, de micas, de tourmaline. Exceptionnellement, cet or est palladié.

L'or est surtout exploité soit dans les éluvions des roches précédentes, soit dans les alluvions. On le trouve parfois sous forme d'assez grosses pépites.

Platine. — Le platine a été signalé dans les sables aurifères de quelques rivières de l'Est : son gisement en place est inconnu.

Cuivre. — Quelques gisements de cuivre se trouvent dans les calcaires paléozoïques, au contact du granite. Les minerais sont : *érubescite*, *chalcopyrite*, *pyrite cuprifère*; les minéraux oxydés secondaires les plus fréquents sont : *malachite*, *brochantite*, *chessylite*. Des filons quartzifères, traversant les micaschistes, renferment de l'*érubescite* et de la *chalcosine*.

Plomb. — Quelques filons quartzeux, avec *galène* et *blende* et quelques minéraux oxydés : *wulfénite*, *pyromorphite*, *cérusite*.

Fer. — Le minéral de fer principal est la *magnétite*, constituant un élément essentiel, et parfois prédominant, de quartzites très abondants au milieu des gneiss et des micaschistes. La limonite est très fréquente, comme produit d'altération de ces quartzites à magnétite; elle forme aussi des concrétions dans les argiles latéritiques, en général.

Titane. — Les minerais de titane seront peut-être utilisables un jour; ils offrent un grand intérêt minéralogique. Les fers titanés forment des concentrations dans les gabbros, soit sous forme d'ilménite, soit sous forme d'associations microperthitiques avec la magnétite ou l'hématite.

Bismuth. — Très gros cristaux de *bismuthinite*, transformés en un carbonate, des pegmatites potassiques.

Nickel. — Quelques gisements de *nouméite* (garniérite) du même genre que ceux de la Nouvelle-Calédonie, c'est-à-dire produits par altération de serpentines, ont été reconnus.

Cérium. — Une grande quantité de gros cristaux de *bastnaésite*, qui est un fluocarbonate de cérium, ont été recueillis dans les éluviations d'une pegmatite de syénite à aëgyrine.

La *monazite*, en gros cristaux bruns, se trouve dans les pegmatites à muscovite et en très petits grains dans les sables de beaucoup de rivières.

b) *Gisements minéraux non métallifères.*

Pierres précieuses. — Les pierres précieuses constituent l'une des plus remarquables productions minéralogiques de la Grande Ile. Elles y sont fructueusement exploitées; cette industrie a pris naissance à la suite de travaux effectués au Muséum.

Je crois, en effet, avoir été le premier à faire tailler d'une façon systématique des pierres précieuses de Madagascar, à la suite de l'Exposition temporaire de tous les produits de la Grande Ile, faite au Muséum, lors de l'expédition de 1896; c'étaient des *cymophanes*, des *grenats*, des *topazes*, que m'avait remis Suberbie, elles provenaient des alluvions de la Belambo, gisement qui, par parenthèse, n'a pas été exploré depuis lors. En 1902, j'ai fait tailler une belle série de tourmalines d'un jaune d'or et brunes, trouvées parmi des minéraux recueillis par Garnier-Mouton, chef de la province de Betafo, sur des instructions du général Gallieni qui avait bien voulu s'intéresser à mes recherches.

A partir de cette époque, ces pierres ont été exposées dans la Galerie de Minéralogie et quand, sur l'initiative du capitaine Mouneyres, le premier chef du Service des Mines, et l'un des amis de

notre collection, l'administration de la Colonie fit venir de France un lapidaire, M. Villierme : celui-ci s'est tout d'abord documenté auprès de nous pour la première prospection méthodique qui a mis fin à la période héroïque de cette recherche.

Un petit nombre de ces gemmes se trouvent dans des alluvions [*corindon rouge* (rubis); ou dans des tufs basaltiques [*corindon bleu* (saphir)], *ferropicotile*, en cristaux noirs opaques, remarquables par leur éclat]. Quelques autres, tels que la *cordiérile* (saphir d'eau) et le *grenat almandin* sont trouvés dans le gneiss, en place, ou dans ses éluvions. Mais la plus grande partie des pierres précieuses malgachessont exploitées dans des filons de pegmatites ou dans les concentrations naturelles existant au milieu de leurs éluvions.

Il existe deux types de pegmatites dont les minéraux sont exposés dans deux vitrines spéciales (A₁ — A₂). Ils fournissent chacun des gemmes particulières.

A. LES PEGMATITES POTASSIQUES sont caractérisées par la présence du mica muscovite ou du mica biolite, de la tourmaline noire, du grenat almandin-spessartite, d'un brun rouge, seulement translucide. Ces pegmatites renferment fréquemment d'énormes cristaux de béryl; à l'entrée de la Galerie, on en verra un mesurant près d'un mètre de longueur. Ces béryls de diverses couleurs, incolores, jaunes, verts, bleus, plus rarement roses, sont généralement opaques mais avec des portions transparentes que l'on isole par égrisage; ce sont elles qui constituent des gemmes; les portions opaques sont utilisées pour l'industrie chimique (fabrication du glucinium). Exceptionnellement, l'on rencontre la *topaze*, en grands cristaux limpides ou légèrement bleutés.

B. LES PEGMATITES SODOLITHIQUES sont caractérisées par un mica spécial, violacé, lithique, la *lépidolite*; la tourmaline y est plus ou moins lithique et souvent transparente, jaune d'or, bleuâtre, verte, rouge de diverses nuances (*rubellite*); ce sont les variétés fournissant des gemmes. Le *béryl* est césifère, d'un beau rose et constitue la gemme appelée *morganite*; le grenat est la *spessartite*, d'une belle couleur orangée et d'un magnifique éclat.

Ces différents minéraux sont engagés dans les pegmatites comme éléments normaux, mais on trouve aussi certaines espèces tapisant de grandes druses sous forme d'admirables cristaux, produits par une pneumatolyse *constructive*. Ils sont parfois corrodés par une pneumatolyse *destructive* qui a formé, à leurs dépens, d'autres minéraux cristallisés (albite, bityite, rubellite en petites aiguilles de couleur pâle, lépidolite en menues paillettes) que l'on peut admirer dans la collection; sous cette dernière forme, ces matériaux

sont très intéressants au point de vue scientifique, mais sans importance économique.

A ces divers minéraux, il faut ajouter un certain nombre d'espèces qui, à Madagascar, se trouvent avec une couleur et une transparence telles qu'elles constituent exceptionnellement une gemme. L'*orthose* ferrifère, jaune d'or, la *scapolite* et la *danburite*, jaune ambré, la *kornerupine*, d'un vert olive, n'ont jusqu'ici été trouvées, sous cette forme précieuse, qu'à Madagascar.

Toutes les gemmes qui viennent d'être passées en revue sont distribuées, dans leur état brut, à leur place systématique dans la Collection générale, mais on trouvera dans la *Collection spéciale de gemmes*, une vitrine renfermant une série remarquable de toutes ces pierres malgaches, taillées, en spécimens remarquables par leurs grandes dimensions et par leur beauté. En voyant notamment la série des béryls, on comprendra pourquoi j'ai qualifié la Grande Ile de *Pays des Béryls*. Au point de vue général, apparaît la démonstration de ce fait que, dans les pierres précieuses, la couleur n'est pas une propriété moléculaire, mais une coloration accidentelle, due à des traces d'oxydes métalliques (béryls incolores, jaunes, bleus de ciel, d'un bleu vert (*aigue-marine*), verts, roses (*morganite*), de diverses nuances.

Cette collection magnifique a été faite par la Société de l'Ankaratra, sous la direction de M. Vielle-Kœchlin : les pierres ont été taillées par M. Joz Roland et l'ensemble a été généreusement offert au Muséum par M. Edward Tüek. On a ajouté à cette collection les premières gemmes malgaches taillées, dont il a été question plus haut.

Dans une vitrine voisine, ont été exposées deux collections des gemmes taillées provenant du même genre de gisement, c'est-à-dire des pegmatites, mais d'autres pays, et qu'il est intéressant de comparer aux pierres précieuses malgaches. L'une est formée par des gemmes de l'Amérique du Nord; elle a été faite par M. George F. Kunz, pour la C^{ie} Tiffany et offerte au Muséum par M. Pierpont Morgan, l'autre est constituée par des pierres taillées provenant du Brésil et nous a été donnée par le Gouvernement de ce grand pays.

Dans la vitrine placée symétriquement à celle des gemmes malgaches, à l'autre extrémité de la Galerie, est exposée une collection systématique de gemmes taillées. Elles ont été classées de façon à mettre en évidence ce fait que la même couleur peut être possédée par des pierres précieuses de nature complètement différente. Pour chaque couleur, elles sont ordonnées par ordre décroissant de réfringence et par suite d'éclat et de valeur. On y retrouvera des échantillons de toutes les gemmes malgaches.

Pierres semi-précieuses. — Madagascar est célèbre, depuis plusieurs siècles, par ses énormes cristaux limpides de quartz utilisés pour la fabrication d'objets d'art, de lunetterie et des instruments de physique, optique, etc. Avant la conquête française, ces blocs limpides de *crystal de roche* étaient recueillis dans les rivières. Aujourd'hui l'on exploite aussi des cristallières dans les quartzites de la région métamorphique. Les cristaux imparfaitement limpides ou trop maclés pour pouvoir servir à l'industrie de l'optique sont utilisés pour la fabrication des objets en verre de silice.

Le *quartz rose* des pegmatites, les *agates*, les *calcédoines*, les *jaspes* de toutes couleurs, des basaltes décomposés de l'Ouest et du Nord-Ouest de l'île sont recherchés pour la fabrication de bibelots artistiques, pour l'ornementation et pour l'outillage des laboratoires, etc. Il en est de même pour la belle *amazonite* des pegmatites.

Des objets d'art taillés dans ces diverses pierres par MM. Bozacchi et Fourrier (don de M. Tück) sont exposés dans les vitrines des pierres précieuses; des instruments et objets d'art en agate de la Taillerie de Royat se trouvent dans les vitrines contre-colonnes consacrées aux pierres dures (A₃₄).

La vitrine placée à l'entrée de la Galerie renfermant des objets d'art taillés dans des matières précieuses renferme une coupe en plasma du N.-W. de Madagascar.

Il est fort probable que le cristal de roche ayant servi à la taille des magnifiques coupes sculptées de la Renaissance, exposées dans cette même vitrine, et qui sont généralement indiquées comme provenant de l'Inde ou de la Chine, viennent, en réalité, de Madagascar, qui, de très longue date, avait des relations commerciales avec l'Inde, par l'intermédiaire de boutres indiens ayant pour centre d'action le S. de Nosy-bé et la côte N.-E. de la Grande Ile.

Minéraux radioactifs. — L'industrie des minéraux radioactifs à Madagascar est encore un exemple de l'importance des recherches minéralogiques effectuées dans un but purement scientifique et qui ont parfois pour conséquence la découverte de minéraux pratiquement utilisables. Lorsqu'en 1908 j'ai signalé le premier exemple à Madagascar de l'euxénite, j'ai exprimé l'idée que, peut-être, pourrait-on un jour trouver des minéraux de ce groupe en quantité exploitable et bientôt ce fut la découverte, dans les pegmatites du Massif central, de minéraux nouveaux pour la science que j'ai appelés *belafite*, *samirésite*, *ampangabéite*, puis d'autres, connus dans d'autres pays (*samarskite*, *euxénite*, *priorite*, *fergusonite*), qui, après avoir été de simples curiosités minéralogiques, sont devenus des minerais exploités par tonnes. C'est, en effet, une particularité des pegmatites potassiques de la Grande Ile d'être parfois excep-

tionnellement riches en niobotantalates, plus ou moins titanifères, de calcium et de terres rares qui sont particulièrement riches en uranium et radium et parfois en thorium (mésothorium). Ces minéraux sont souvent accompagnés de beaux cristaux d'*orangite*, de *ferrothorite*, *columbite*, *monazite*, *malacon* et surtout de *béryl*.

Cette monazite est inégalement thorifère. Quant à celle des sables dont il a été question plus haut, elle est toujours riche en thorine. Il est un gisement d'*autunite* ou plutôt d'*uranocircite*, c'est-à-dire d'autunite barytique, qui a été exploité pendant quelque temps et qui est remarquable en ce qu'il est d'origine très récente. Les paillettes, jaune d'or, de ce minéral se trouvent en effet formés sur place dans les alluvions riches en tourbe d'une région renfermant quelques-uns des gisements des minéraux primaires signalés dans les lignes qui précèdent.

Graphite. — Le graphite est l'une des richesses minérales de Madagascar qui occupe à ce point de vue une des premières places dans le monde.

Ce minéral, en petites paillettes, est un élément de beaucoup de schistes cristallins et particulièrement des gneiss et des micaschistes de toute l'étendue de l'île. Il y forme des amas lenticulaires, parfois très riches, de grande étendue et de grande puissance. Une circonstance spécialement favorable à l'exploitation de ce graphite, consiste dans la transformation en argile latéritique de tous les minéraux silicatés alumineux qui l'accompagnent, ce qui permet d'en extraire par simple lavage, le minéral utile inattaqué.

Il existe aussi des amandes et des nodules de graphite en grandes lames, rappelant celles de Ceylan, mais ce ne sont là que des accidents minéralogiques.

Micas. — De nombreux gisements de micas appartiennent à deux types distincts.

Le premier consiste en pegmatites renfermant de grands cristaux de muscovite, jaunâtre ou ambrée (mica rubis du commerce).

Le second, beaucoup plus important, est formé par des filons ou des amas pegmatoïdes de phlogopite, localisés dans des bancs de pyroxénites, intercalés dans les gneiss; ils pénètrent parfois quelque peu dans ceux-ci. La phlogopite de diverses couleurs, variant du brun au noir, y forme d'énormes cristaux, pouvant atteindre plus d'un mètre de diamètre.

Au milieu des amas, se trouvent parfois de très grandes cavités tapissées d'énormes et magnifiques cristaux de phlogopite, de pyroxène, de scapolite, d'apatite, de spinelle, de sphène, etc. Ce ne sont pas de véritables géodes, mais des cavités produites par dissolution de calcite en grands cristaux qui englobaient origi-

nellement tous ces minéraux; ceux-ci ont résisté à la dissolution et se sont accumulés au fond des cavités où ils sont mélangés à une argile ferrugineuse. Ce sont eux surtout qui sont exploités activement pour l'industrie électrique. Madagascar est actuellement l'un des principaux, sinon le principal producteur, de ce type de mica.

Dans une vitrine spéciale a été réunie une collection de tous les satellites de la phlogopite; à ceux qui ont été énumérés plus haut, il y a lieu d'ajouter l'anhydrite, l'allanite, la fluorine, la clinozoïsite, la prehnite, des zéolites (analcime), etc.

Corindon. — Madagascar fournit un certain tonnage de corindon exploité pour l'industrie des abrasifs. Il se trouve sous forme de cristaux isolés, généralement isoscéloédriques, pesant souvent plusieurs kilogrammes. Ils sont mis en liberté par la décomposition de micaschistes métamorphisés au contact du granite.

Celui-ci envoie au milieu des micaschistes à corindon des apophyses, où il est transformé en *syénite à sillimanite et corindon* dont les cristaux nets sont parfois roses (rubis). Il renferme aussi des amas d'une roche formée uniquement par du corindon grenu incolore (*corindonite*) : elle constitue d'énormes blocs exploités dans des alluvions.

Zircon. — Des cristaux de zircon de plusieurs kilogrammes sont recueillis et exploités dans des éluvions d'un certain granite altéré du Massif central. Dans d'autres régions se trouvent des concentrations de cristaux de petites dimensions qui, eux aussi, sont recherchés comme matériel réfractaire.

Combustibles. — On trouvera à leur place systématique quelques échantillons du *charbon* de la Sakoa dans le S.-W. de l'île, du *bitume* imprégnant les grès triasiques de l'Ouest. Ils proviennent de gisements seulement prospectés, dont certains auront sans doute plus tard un intérêt économique. Pour l'instant, ils ne sont pas spécialement intéressants au point de vue minéralogique.

Phosphates. — Parmi les gisements de phosphates exploités, il faut signaler ceux résultant de l'action du guano d'oiseaux de mer sur des formations calcaires coralliennes des îlots plus ou moins voisins de la côte malgache. Juan de Nova est à signaler spécialement. Le minéral exploité est la *collophanite*.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Voici l'énumération des principaux de ces minéraux, avec l'indication du numéro des vitrines qui les renferment.

Corps simples. — (192) *Diamant*. — On a fait beaucoup de bruit sur la prétendue découverte, dans une rivière du Sud-Est, d'un beau cristal de diamant. Celui-ci, du poids de 1 carat 95, vient d'être donné au Muséum; il est vraisemblable qu'il n'est pas malgache, mais provient de l'Afrique australe.

(1). *Graphite*. — Série d'échantillons dans leur gangue, gneissique ou micaschiteuse, et de lames de différentes dimensions, dont certaines, fort larges, sont remarquables par leurs macles.

(7-8). *Or natif*. — Collection très intéressante des diverses associations de l'or dans gneiss à biotite, micaschiste, quartzite à magnétite, calcaire cristallin, pegmatite, disthénite, trémolite d'un contact granitique, amphibolites, pyroxénites. Or associé à *sylvanite*, etc.

Pépites et paillettes d'or des alluvions. *Or palladié*.

Collection d'échantillons d'*électrum*, or argentifère, mélangé au quartz en cristaux cristallitiques, pointant parfois dans cavités résultant de la disparition de cristaux de blende.

(6). *Argent natif*, associé ou non à de l'*argyrite*.

(5). *Cuivre natif* des basaltes.

Sulfures. — Très gros cristaux de *bismuthinite* (11) des pegmatites, transformés en bismuthosphérite.

(12). *Molybdénite*. — Jolis cristaux dans pegmatite.

(13). *Blende* transparente, jaune de miel.

(18). Cristaux de *pyrite* de formes et de gisements divers.

(28). *Chalcocite* massive des filons de quartz et des pegmatites.

Sulfosels. — Échantillons compacts d'*érubescite* (32); masses compactes et cristaux nets de *chalcopyrite* (33) des gisements aurifères.

Oxydes. — Belle collection de cristaux de *quartz* (51), remarquables par leurs formes géométriques, leur transparence et leurs dimensions. Gros bloc de cristal de roche limpide, sans formes géométriques. Très gros cristal bipyramidé, rapporté de Madagascar, en 1776, par l'abbé Rochon (hors série).

(54-55). *Améthyste*. — *Quartz enfumé*. — *Quartz citrin* et *hématoïde*.

(56). *Calcédoine*, *agates*, *plasma*, *jaspes* des basaltes crétacés.

(58). Série unique de gros cristaux maclés de *thorianite*.

(59). *Rutile*, cristaux nets des veines de quartz traversant les micaschistes; *cheveux de Vénus* dans quartz hyalin de pegmatites.

Série unique de cristaux simples ou maclés d'*ilménorutile* et de *strüvérite* des pegmatites à muscovite; l'un d'eux pèse 7 kgms.

(60). *Zircon*. — Énormes cristaux bruns, rougeâtres opaques pesant plusieurs kgms. Cristaux rouges des sables basaltiques rappelant ceux du Velay. Cristaux transparents peu biréfringents et peu

denses rappelant ceux de Ceylan, des pegmatites à orthose ferrifère.

Malacon des pegmatites à betafite.

(61). Belle série de cristaux d'*orangite* et de *ferrothorite* des pegmatites à biotite.

(63). *Corindon* : très gros isoscéloèdres provenant des micaschistes; série de cristaux nets, isolés ou dans la gangue, le plus souvent rouges, des granites endomorphisés; beau bloc d'aplite syénitique à rubis. Corindonite.

(65). *Hématite*. — Une variété spéculaire (fentes d'une aplice syénitique potassique) est remarquable par sa richesse en inclusions de rutile : beaux et gros cristaux dans les pegmatites de granite et de syénite.

(67). *Fers titanés* de composition variée : cristaux d'*ilménite*; association perthitique macroscopique (*washingtonite*); de *crichtonite* et d'*hématite*, de *crichtonite* et de *magnétite*.

Hydroxydes. (68). *Opale noble*, (70) *hydrargillite*, (72) *limonite*. (Voir au laboratoire la collection des minéraux des *latérites*).

Carbonates. (85). *Clypéite* pisolitique (Voir gros échantillon dans une des vitrines hors série) et *aragonite* fibreuse de sources thermales.

(93). *Bismuthosphérite* épigénisant la *bismuthinite* des pegmatites.

Bastnaésite en gros cristaux isolés et *parisite* (cristal unique) des syénites à *ægyrine*.

Ambaloarinite (échantillon unique), minéral ne se trouvant qu'à Madagascar.

Sulfates. (97). *Anhydrite* des filons de phlogopite. (99). Gros cristaux transparents de *baryline* d'un filon aurifère.

(105). *Brochantite*, produit de l'altération de l'érubescite.

(115). **Uranates.** L'*uraninite* (*pechblende*) est une grande rareté dans les pegmatites de la Grande Ile.

(114). **Tungstates.** Nous possédons un cristal monumental de *scheelite* provenant d'une pegmatite.

(105). *Brochantite*, produit de l'altération de l'érubescite.

Aluminates et ferrites. Très belle collection (115) de gros cristaux de *spinelles* : *spinnelle magnésien*, *pléonaste*, *hercynite* et *gahnite* des calcaires cristallins; *ferropicolite* des tufs basaltiques. (116). *Chromohercynite*, nouveau minéral connu dans un seul gisement.

(117). *Magnétite*, gros octaèdres provenant de pegmatites (souvent groupements microperthitiques avec *crichtonite*). (118). *Titanomagnétite* des tufs volcaniques. *Martite*.

(118). *Cymophane*, jolis cristaux, jaunes, transparents, simples ou maclés, et énormes cristaux opaques (15 cm de longueur) des pegmatites à muscovite.

Borates. (118). *Hambergite*, gros cristaux transparents de ce minéral qui n'était connu que dans un seul gisement de Norvège.

(119). *Rhodizite*, beaux et très gros cristaux de ce borate qui n'était connu qu'en minuscules cristaux dans une localité de l'Oural.

Phosphates. (121). *Xénotime* en cristaux roulés des alluvions; *monazite*, belle série de gros et beaux cristaux des pegmatites potassiques et sables cristallins obtenus par le lavage d'alluvions.

Puchérile formée par altération de la bismuthinite.

(122). *Apalite*: énormes cristaux bleus, verts, jaunes des amas pegmatoïdes de phlogopite.

(128). *Lazulite*, en gros cristaux, des filons de quartz traversant les micaschistes.

(132). *Vivianite*. Géodes dans les tourbières.

(135). *Evansite* concrétionnée.

(136). *Aurunite* et *Uranocirite*. Très beaux échantillons, remarquables par leur formation tout à fait récente dans des alluvions tourbeuses quaternaires ou plus jeunes encore.

Niobates et tantalates. (138-140). Magnifique collection comprenant les cristaux originaux ayant servi à décrire la *betafite*, la *samirésite*, l'*ampangabéite*; énorme cristal de *betafite* dans la vitrine des échantillons hors série; *blomstrandite*.

Collection de gros et beaux cristaux, simples ou maclés, d'*euxénite*, de *priorite*, de *samaraskite*, de *fergusonite*, de *columbite* et *manganocolumbite*. Groupements réguliers, cruciformes, de *columbite* et d'*ampangabéite*. Madagascar est une des régions les plus remarquables au point de vue des minéraux de cette famille.

Silicates. (140-141). Échantillons originaux, ayant servi à la description de la *grandidiérite* et de la *bityite*, minéraux spéciaux aux pegmatites de Madagascar, de la *kornerupine* et de la *saphirine* transparentes.

(141-142). Collection des silicates d'alumine, *dumortièreite*, *sillimanite*, *disthène*, *staurolide*.

(143). Beaux cristaux de *topaze* limpides, incolores ou bleutés.

(145-147). *Tourmalines*. Très belle série de gros cristaux de *tourmaline ferromagnésienne*, noire. Série unique de magnifiques cristaux de *rubellite* et d'autres *tourmalines lithiques* de différentes couleurs, homogènes ou polychromes; sections zonées de ces mêmes *tourmalines* polychromes. Voir les gros échantillons de la vitrine hors série. Série de cristaux *tourmaline magnésienne* d'un brun noir, ou noires, aplatis suivant la base et riches en faces.

(149). *Clinozoisite*, belle série de cristaux drusiques et de masses bacillaires d'un vert pâle et rose.

(150). Très gros cristaux d'*épidote*. (151). Très gros cristal d'*orthite*.

(155). Beaux cristaux de *danburite* transparente des pegmatites lithiques.

(157-158). Nombreux types de *grenats* :

Grossulaire incolore ou vert émeraude (chromifère); *andradite*; beaux cristaux d'*almandin-spessartite* des pegmatites à muscovite, *almandin-pyrope* des gneiss; *spessartite*, orangée, des pegmatites lithiques.

(159). *Prehnite*, en cristaux nets ou en masses botroïdes, des gisements de phlogopite.

(160-161). Nombreux types de *micas*. Grands cristaux de *phlogopite* (1^m,50 de diamètre); très larges lames de *zinnwaldite*, de *lépidolite* violette et de *muscovite*.

Manandonite, échantillons ayant servi à la description de ce minéral spécial à Madagascar.

(162-163). *Chlorites* remarquables, et en particulier lames transparentes et flexibles de *leuchtenbergite* incolore et de *prochlorite* verte de plusieurs décimètres de diamètre, élastiques comme les micas.

(164). *Nouméite* en masses concrétionnée.

(165). *Nontronite* et *faratsihite*, minéral nouveau, intermédiaire entre la nontronite et la kaolinite. *Talc* en grandes lames épigénisant trémolite.

(166). *Thortveitite* : variété, *befanamite* de ce silicate de scandium qui n'était connu que dans une seule localité de Norvège.

(166). *Cordiérite*, en masses transparentes.

(168). *Pyroxènes*. — Belle série de cristaux de *diopside* (voir aussi un gros échantillon dans une des vitrines hors série), d'*hédenbergite*, *leucaugite* des gisements de *phlogopite*, *augite basaltique*, en cristaux très nets; *hédenbergite-ægyrine* et *ægyrine* (gros cristaux) dans pegmatite syénitique

(170) Série unique de cristaux transparents de *triphane* rose (*kunzite*) ou jaune des pegmatites lithiques.

(170). *Wollastonite* fibreuse ou laminaire. *Rhodonite* grenue.

Amphiboles : (172). *Anthophyllite* et *gédrite*, *grunérite* et *cummingtonite*, *trémolite* et *actinole*, avec leurs variétés *asbestiformes*.

(173-174). *Hornblende basaltique*, en beaux cristaux des tufs basaltiques.

Hornblende barkévicienne des roches néphéliniques. *Hudsonite*, *lanéite* et *riebeckite* des pegmatites sodiques.

Deux nouveaux types d'amphiboles sodiques, la *lorendrikite* et l'*imerinite*.

(175-176). Belle série de cristaux de *béryl* des pegmatites, remarquables par leur grosseur, la netteté de leurs formes et leur couleur : *béryl normal*, incolore, jaune, vert, bleu, rosé, allongé

suisant l'axe vertical; *béryl césifère*, rose, aplati perpendiculairement à l'axe vertical. Gros cristaux du premier type dans une des vitrines et à la porte de la galerie.

Feldspaths. (176). *Orthose ferrifère*, jaune d'or, type spécial à Madagascar. (178) *Microcline*, et en particulier *amazonile*, en grands cristaux ayant parfois des formes nettes. (179) *Albite*; *péristérile* et *labrador* chatoyants.

(181). *Wernérites* : *dipyre* et *scapolite*. Variété jaune, transparente, gemmiforme, de scapolite et cristaux nets, longs de plusieurs décimètres, transformés en albite. (Voir dans vitrine hors série).

(182). *Sphène* brun, énormes cristaux, simples ou maclés, des gisements de phlogopite.

(182-183). *Tscheffkinite*. Cristaux nets de ce minéral rare et pseudomorphoses en une association de bastnaésite et de rutile.

(184-190). *Zéolites*. — Très beaux cristaux de *mésotype*, de *heulandite*, d'*analcime*, de *gmélinite* (gros cristaux complets et isolés), *lévyne*, enfin magnifiques géodes de *laumontite* des dolérites de la côte orientale.

III. — LITHOLOGIE

La lithologie de Madagascar n'est pas moins intéressante que sa pure minéralogie. Tout ce qui est connu sur elle est sorti de mon laboratoire et son étude a été, depuis plus de trente ans, l'un de mes sujets de recherche de prédilection : j'ai exploré moi-même sur place un grand nombre des gisements des roches décrites. Je vais passer successivement en revue celles du Massif cristallin, puis celles de la région sédimentaire.

Roches intrusives antépermiennes. — Les roches intrusives jouent un rôle très important dans la constitution du Massif cristallin. Celles qui prédominent sont calco-alcalines. La série est complète : *granites*, *granites monzonitiques* et *granodiorites*, *monzonites*, *diorites*, *gabbros*, *norites*, *péridotites* (en général serpentinisées).

J'ai défini un *facies malgachitique* donnant à certains granites monzonites, diorites, gabbros, norites, renfermant tous de la biotite, un air de famille remarquable, quelle que soit leur composition et qui se traduit extérieurement par une coloration d'un jaune de cassonade très spécial. Ce facies peut être comparé à celui de la série de la charnockite de l'Inde, sans cependant lui être identique. Comme lui, il est probablement dû à une recristallisation gneissique de roches éruptives qui expliquerait l'uniformité de la structure granulitique (ou alors granoblastique) de toutes ces roches, quelle que soit leur composition minéralogique.

Les granites sont accompagnés par un grand nombre de dykes d'*aplitites* et de *pegmatites*, riches en minéraux dont il a été question plus haut et aussi par des filons de *dissogénites*. Une collection de ces pegmatites, considérées à un point de vue lithologique plutôt que minéralogique, a été constituée et complète celle, plus minéralogique, exposée dans la Galerie.

La famille des *gabbros*, comprenant aussi des *norites*, des *troctolites*, des *allivalites*, renferme, à Madagascar, une grande variété de roches résultant de différenciations basiques (*gabbros et norites mélanocrates, pyroxénolites*, feldspathiques ou non, souvent très riches en olivine, *corlandites, webstérites*). A signaler un type nouveau, l'*anabohitsite*, puis des concentrations de magnétite et de fers titanés. L'origine d'une roche, à grands éléments, formée de corindon, spinelle, prochlorite est réservée.

Dans certaines parties de l'île, les schistes cristallins et les granites sont traversés par d'innombrables dykes de *dolérites* α ou β , contenant souvent de la *pigeonite*, de l'*hypersthène*, de l'*olivine*, normale ou réactionnelle, et, dans ce cas, souvent accompagnée de quartz. Ces dolérites appartiennent certainement à deux séries géologiques distinctes : les unes, plus anciennes, déformées structurellement et minéralogiquement, passent à des schistes cristallins; les autres, plus récentes, sont remarquablement fraîches et, peut être, contemporaines des dolérites similaires de la région sédimentaire, dont il sera question plus loin.

Beaucoup moins répandues sont les roches hyperalcalines : *granites à riebeckite et ægyrine*, riches en soude et une curieuse série très potassique comptant quelques-unes des roches les plus riches en potasse qui soient connues, bien que leur pyroxène (*ægyrine*) soit sodique; leur feldspath dominant est le microcline : *syénites spéciales (finandranites)* renfermant une amphibole nouvelle, la torendrikite; *syénite néphétinique*, d'un type non moins exceptionnel (*itsindrite*). Les syénites, généralement quartzifères, sont accompagnées de pegmatites à très gros éléments; microcline (généralement opalisé), *ægyrine*, torendrikite, tscheffkinite, bastnaésite, parisite, hématite, etc.

Les roches filoniennes autres que les aplites et les pegmatites sont peu abondantes dans le Massif central. Il faut citer cependant quelques rares lamprophyres (*minettes, kersantites, spessartites*, un type nouveau doliomorphe, l'*antsohite*), des aplites syénitiques potassiques ou sodiques, une *aplite* granitique extrêmement riche en magnétite, des *microgabbros*, etc.

Plusieurs de ces roches intrusives déterminent dans les schistes cristallins des phénomènes de contact exomorphes ou ont subi des transformations endomorphes remarquables. Tel est le cas de calcaires renfermant une amphibole bleue nouvelle, l'*imerinite* et des

minéraux strontianifères ou éerifères (*célestine*, *monazite*), imprévus dans de telles conditions, ainsi qu'un minéral nouveau, l'*ambatoarinite* (carbonate basique de strontium et de cérium). A signaler, au point de vue de l'endomorphisme, les *syénites à sillimanite et corindon*, l'*aplite syénitique à rubis*, les *corindonites*, modifications d'apophyses d'un granite, injecté dans des micaschistes à grenat, sillimanite et corindon.

Certaines des roches précédentes (granites et gabbros) ont localement subi d'intenses déformations structurales sous l'action de mouvements tectoniques. De beaux exemples ont été réunis qui permettent de suivre leur transformation progressive en schistes cristallins, sans modification de leur composition chimique.

Schistes cristallins. — Les schistes cristallins occupent une surface plus grande encore que les roches éruptives; on doit y distinguer une *série gneissique*, prédominante, dont tous les termes ont la structure granoblastique et une *série schisto-quartzocalcaire*, dont la cristallinité est moindre, mais encore très grande; l'on y trouve, çà et là, quelques schistes, plus ou moins carburés, ayant presque échappé au métamorphisme, mais ils sont azoïques.

Dans cet ensemble, il faut distinguer, au milieu des gneiss, une série *ortho*, résultant de la transformation de granites et de gabbros très anciens (*orthogneiss micacés*, *pyroxéniques* ou *amphiboliques*, *orthopyroxénites* et *ortho-amphibolites*, feldspathiques ou non); l'analyse chimique a permis d'y reconnaître la composition d'un grand nombre des roches intrusives considérées plus haut. Il existe aussi une série *para*, comprenant non seulement les roches schisto-quartzocalcaires dont je viens de parler, mais d'autres, encore plus cristallines, accompagnant les orthogneiss et qui ne peuvent se distinguer de ceux-ci et, dans certains cas seulement, que par une étude chimique attentive.

Parmi ces *paragneiss* et les *leptynites*, les types hyper-alumineux sont particulièrement intéressants par la fréquence de leur richesse en grenat, sillimanite, cordiérite, spinelle; paragneiss encore sont les gneiss contenant le graphite.

Les *micaschistes*, généralement à biotite, renferment aussi beaucoup de gisements de graphite. Là encore, on rencontre des types riches en minéraux alumineux, grenat, sillimanite, disthène, avec, comme accident minéralogique digne d'être cité, des *disthénites* parfois riches en *lazurite*. C'est dans les micaschistes que se trouvent des veines ou des filonnets de quartz renfermant les gros cristaux de ce dernier minéral.

Les *quartzites* jouent un rôle frappant dans la topographie de certaines montagnes malgaches, aux cimes déchiquetées caractéristiques; là encore l'on rencontre d'exceptionnelles variétés;

facies *itacolumite*; quartzites à gros grains de quartz vitreux, quelquefois colorés en bleu de ciel par d'innombrables et minuscules cristaux de lazurite; *quartzites* à *sillimanite*, à *disthène*, à *dumortiérite*, avec localement *dumortiérite*, uniquement formée par ce minéral rare d'une belle couleur bleue et quelques cristaux de lazurite.

Les *calcaires cristallins* sont très abondants, aussi bien dans la série schisteuse que dans la gneissique et leur intérêt est grand pour l'interprétation de certains types lithologiques qui les accompagnent et dont l'origine prête à discussion.

Ces calcaires se groupent en deux catégories, les uns, *dédolomités*, ne renferment que des minéraux magnésiens : forstérite, humite, chondrodite, phlogopite et spinelle; c'est dans ces calcaires que se trouvent des gisements de superbes cristaux de ce dernier minéral.

Les autres ne renferment que des minéraux calciques ou calcomagnésiens (wollastonite, grossulaire, pyroxènes, amphiboles, plagioclases, wernérites, etc.). Ces minéraux, diversement combinés, constituent aussi de nombreux types de roches entièrement silicatées qui résultent du métamorphisme de marnes. Toutes ces roches, à structure granoblastique ou diablastique, sont des *gneiss à pyroxène* ou *amphibole*, des *pyroxénites*, *amphibolites*, *grenatites*, *feldspathiques*, *wernéritiques* ou non, et encore des *grenatites*, des *wernéritites*, de *wollastonites* et enfin des *pyroxénites* dépourvues de feldspaths. On a vu plus haut que dans ces dernières roches sont exploités les filons et les amas pegmatoïdes de phlogopite. Parmi les pyroxénites, il y a lieu de citer un type qui, jusqu'ici, est spécial à Madagascar, une *pyroxénite riche en spinelle*, dont le pyroxène est une leucaugite.

Les calcaires à minéraux magnésiens possèdent aussi, mais plus rarement, leurs roches entièrement silicatées, de phlogopite et de spinelle, avec encore un type nouveau, spécial à Madagascar, un *gneiss à saphirine*.

Il ne faut pas oublier quelques schistes très magnésiens, *chloritoschistes*, *talcschistes* qui sont vraisemblablement de la série *ortho*.

Deux roches spéciales doivent être signalées, qui ont une origine énigmatique; leur composition chimique ne correspond, en effet, ni à celle d'une roche éruptive ni à celle d'un sédiment : la *manjakite* est formée de gros phénoblastes d'almandin-pyrope, distribués au milieu de biolite, d'hypersthène, avec un peu d'anorthite, l'autre est une *sagvandite*, identique à celle de l'unique gisement connu en Norvège.

Roches volcaniques crétacées ou plus récentes. — De nombreux centres volcaniques sont disséminés sur le Massif cristallin dont ils constituent les sommets les plus élevés, aussi bien que dans la ré-

gion sédimentaire. C'est dans celle-ci seulement que, grâce à des fossiles, l'on peut assurer que les éruptions ont commencé au Crétacé moyen et se sont prolongées jusqu'à la période actuelle; les puys basaltiques du Massif d'Ambre et de Nosy be paraissent éteints d'hier.

Les laves de ces volcans sont, suivant les régions, calco-alkalines (*trachytes, dacites, andésites, basaltes*), ou alcalines, quelquefois même hyperalkalines [*rhyotites (comendites), trachytes, phonolites, tahitites, ordanchites, basanites, etc.*], mais quelquefois aussi, et ceci mérite d'être souligné, dans une même région, il existe un mélange des deux séries.

Parmi ces roches qui, toutes, présentent plus ou moins des particularités intéressantes (*dacites à cordiérite, micromonzonites quartziques à fayalite*, par exemple), il faut noter la présence de quatre types lithologiques auxquels j'ai donné des noms nouveaux (*sakalavites, ankaratrites*, néphéliniques ou mélilitiques, *ankaramites, ampasiménite*) dont les trois premiers, tout au moins, ont fait fortune, car il se rencontrent dans bien d'autres régions du monde.

Roches intrusives crétacées ou plus récentes. — Les intrusions de *gabbros*, de *dolérites* et plus rarement d'*atlivallites* ne manquent pas d'intérêt, mais je ne m'arrêterai que sur les intrusions bien plus remarquables des roches alcalines.

Ce que j'ai appelé la *Province lithologique d'Ampasindava*, par sa complexité, par la nature de ses roches, est devenue classique, elle est une des plus instructives parmi celles qui ont été décrites depuis trente ans. A côté de curieux *gabbros à hornblende*, l'on y trouve surtout des roches alcalines, sodiques, dont aucune n'est indifférente : *granites et syénites à riebeckite ou lanéite, nordmarkites, pulaskites, lavrikite, akérite*, puis, série néphélinique très compliquée, comprenant diverses *syénites néphéliniques, essexites, théralites* (mafraïtes, luscladites), avec, là encore, des types, jusqu'alors inconnus ou pas encore définis (*fasinite, bekinkinite, berondrite* et enfin *fasibilikite*, roche quartzique hyperalkaline hétérogène, dans quoi l'ægyrine aciculaire est accompagnée d'une eucolite cérifère). A signaler enfin de nombreux types filoniens (*microgranites à ægyrine et riebeckite, grorudites, tinguaïtes, sölusbergites, micromonzonites néphéliniques, aplites néphéliniques, tinguaïtes analcimiques, monchiquites, camptonites, etc.*).

L'un des traits caractéristiques de cette province lithologique réside notamment en ce que toutes ses roches néphéliniques basiques grenues, caractérisées par la présence d'une même hornblende barkévicitique noire, en longues baguettes, se trouvent à la fois sous forme d'accidents minéralogiques dans les syénites néphéliniques, elles mêmes amphiboliques, et sous forme de dykes

distincts. C'est la considération de ce fait qui m'a conduit, dès 1902, à préciser ce qu'il y a lieu de désigner sous le nom de *facies de variation* et de *série lithologique*.

Ces diverses roches intrusives traversent et métamorphisent les sédiments (calcaires, grès, schistes) du Lias et du Jurassique inférieur. Particulièrement intéressantes à signaler sont les modifications endomorphes subies par le granite à riebeckite, au contact des calcaires; tantôt sa riebeckite est seulement épigénisée par la hédenbergite ægyrinique et tantôt la roche est transformée en *syénite à andradite*, renfermant des associations minéralogiques paradoxales.

Tous ceux des échantillons de ces multiples roches qui ont été analysés sont intercalés dans la collection lithologique générale, mais il a été, en outre, constitué des séries géographiques destinées à mettre en évidence leurs relations mutuelles et leurs associations dans les principaux gisements étudiés.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. les Gouverneurs généraux Gallieni, Augagneur, Garbit, Merlin, Schrameck, Olivier, Berthier.

Le Service des Mines et ses directeurs successifs : MM. Mouneyres, Merle, Bonnefond, Dumas, Coursal, Guillanton.

MM. Arsandaux, Auclair, Barbe, Ch. Baret, le Rev. Baron, Battini, Benoist, H. Berthier, Bésairie, Besson, Blondlat, Boissier, Bornand, Bourdariat, Bouet, Boyer, M^{lle} Brière, MM. Brusque, Buhan, Bührer, de Buschère, Carle, Cespedès, Chagnoux, Chrissement, Chulliat, Colcanap, Contantiel, Costes, Crosnier, Dabren, Decary, Dégoutin, Demalander, Dreyfuss, Dropsy, Dubosc, Evesque, Favre, Fauchère, Fiévet, Florens, M. et G. Fontoyront, Fürst, Garivier, Garnier, Garnier-Mouton, Gaugé, Giraud, Girod, Gonard, Alfred et Guillaume Grandidier, Gros, Hanning, Heil, Helson, Herscher, Huré, Jamet, Joyaux, Killas, Krafft, A. Lacroix, Lajat, Lambertson, de Lamothe-Saint-Pierre, Lasnier, Lavila, Lefeuvre, P. Lemoine, Longuefossé, Louys, Magnien, Marabail, Marouet, Michaut, Moiret, Mortage, le P. Muthuon, M. et C. Pachoud, Péclard, Perrier de la Bâthie, Pouperon, Poisson, Petit, Rasamœl, Reboul, Rimbault, Rollet, Rossi, Ruffat, Rouaix, Sirdey, Seyrig, Stæhling, Suberbie, Tacchi, Tirlet, Trocon, Edward Tück, Ungemach, Véron, Vielle-Kœchlin, Villiaume, Vollard, Waterlot, d'Yerville.

Sociétés. — Ankaratra (Cie Générale de Madagascar), Cie lyonnaise de Madagascar, La Madagor, Société Nantaise des Pierres précieuses, Syndicat lyonnais de Madagascar.

BIBLIOGRAPHIE

Brière (Yvonne).

1. Dosages de l'uranium et du thorium dans les betafites et les euxénites. *Bull. Mines Mad.*, XVIII (1924), p. 85-88.
2. Détermination des pierres précieuses. *Bull. Mines Mad.*, (1924), XVI.
3. Gîtes métallifères de ségrégation basique. *Bull. Mines Mad.*, XXIV (1924), p. 194.
4. Mesure de la radioactivité à l'électroscope. *Bull. Mines Mad.*, XXV (1925), p. 13-14.
5. Les minéraux radio-actifs de Madagascar *C. R., Cong. Soc. sav.* (1926), Poitiers, p. 224-226.
6. Sur l'existence de l'uraninite (pechblende) dans certaines pegmatites de Madagascar. *C. R.*, CLXXXII (1926), p. 641-642.
7. Notes sur quelques minéraux malgaches. *B. S. F. M.*, LII (1929), p. 85-88.

Gonnard (F.).

8. Étude cristallographique de quelques cristaux de quartz de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 78-105.

Lacroix (A.).

GÉNÉRALITÉS.

9. Madagascar au début du xx^e siècle. Conférences faites au Muséum (1902). Paris 1902. Minéralogie, p. 65-107.
 10. Voyage au pays des Béryls. (Madagascar). Institut de France; lecture faite à la séance annuelle des cinq Académies (1912), 1-19; reproduit avec addition de notes dans *La Géographie* XXVI, 1912, p. 285-296 et *Trip to Madagascar the Country of beryls, Smithsonian Report for 1912*, p. 371-382. Washington, 1913.
 11. Les gisements de l'or dans les Colonies françaises, in *Nos richesses coloniales*. Paris, 1918, p. 8-48.
 12. Les industries minérales non métallifères à Madagascar. Conférence faite au Muséum le 2 mai 1920; reproduit dans la *Rev. sc.*, 58 (1920). p. 419-425 et 453-464.
 13. Les pierres de Madagascar. Conférence faite au Muséum, 10 avril 1921; reproduit dans la *Rev. sc.*, 59 (1921), p. 321-329 et 353-361.
 14. Minéralogie de Madagascar. 3 vol. in-4° (Paris 1922-23). T. I (1922), Minéralogie. Géologie descriptive, I-XVI, p. 624, 27 pl. 1 carte, 504 fig. dans le texte. — T. II (1922) Minéralogie appliquée, Lithologie, VII, p. 694, 29 pl. et 11 cartes dans le texte. — T. III (1923), Lithologie, Appendice, Index géographique, I-VIII, 437 p., 28 fig., 8 pl., une carte géologique en couleurs.
 15. Gemmes malgaches. *C. R., Acad. Sc. Colon.*, 1925-1926, p. 51-58.
 16. Les pierres précieuses à Madagascar. *La Revue des Vivants*, 5 (1931), p. 445-452.
-
17. Matériaux pour la minéralogie de Madagascar. *Bull. Mus.*, IV (1898), p. 291.
 18. Sur les granites et syénites quartzifères à aëgyrine, arfvedsonite et ænigmatite de Madagascar. *C. R.*, CXXX (1900), p. 1208-1211.
 19. Sur la composition minéralogique des teschérites. *C. R.*, CXXX (1900), p. 1271-1274.
 20. Sur les gneiss aurifères de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXIII (1900), p. 243-248.

Lacroix (A.).

21. Sur les minéraux des gîtes métallifères d'Ambatofangehana. *B. S. F. M.*, XXIII (1900), p. 248-251.
22. Sur l'origine de l'or de Madagascar. *C. R.*, CXXXII (1901), p. 180-182.
23. Sur la province pétrographique du Nord-Ouest de Madagascar. *C. R.*: CXXXII (1901), p. 439-441.
24. Sur la kaolinite cristallisée de Nosy-bé. *B. S. F. M.*, XXIV (1901), p. 34-35.
25. Les roches alcalines caractérisant la province pétrographique d'Ampasindava. (Matériaux pour la minéralogie de Madagascar). *Nouv. Arch. Mus.*, 4^e série, I (1902), p. 1-214, 10 pl., in-4^o, et *Nouv. Arch. Mus.*, 4^e série, V (1903), p. 171-254, 8 pl., in-4^o.
26. Note préliminaire sur une nouvelle espèce minérale. *B. S. F. M.*, XXV (1902), p. 85-86.
27. Sur la klaprothine de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXV (1902), p. 115-116.
28. Les roches alcalines caractérisant la province pétrographique d'Ampasindava. *Nouv. Arch. Mus.* (1902), V, p. 171-253, 8 pl.
29. Sur les granites à ægyrine et riebeckite de Madagascar et sur leurs phénomènes de contact. *C. R.*, CXXXVII (1903), p. 533-535.
30. Sur quelques minéraux radioactifs de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXI (1903), p. 312-314.
31. Sur la grandidiérite. *B. S. F. M.*, XXVII (1904), p. 259-265.
32. Note sur la minéralogie du pays Mahafaly (Madagascar). *B. S. F. M.*, XXX (1907), p. 36-41.
33. Les minéraux des filons de pegmatite à tourmaline lithique de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXI (1908), p. 218-247.
34. Sur la danburite de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXI (1908), p. 315-318.
35. Sur deux roches éruptives de Madagascar. *B. S. F. M.* (1908), p. 318-323.
36. Sur une nouvelle espèce minérale et sur les minéraux qu'elle accompagne dans les gisements tourmalinifères de Madagascar. *C. R.*, CXLVI (1908), p. 1367-1371.
37. Sur l'existence de la rhodizite dans les pegmatites de Madagascar. *C. R.*, CXL (1909), p. 896-899.
38. Sur l'existence de sables monazités à Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXII (1909), p. 313-317.
39. Sur quelques gisements de coriudon à Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXII (1909), p. 318-320.
40. Sur la hambergite de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXII (1909), p. 320-324.
41. Nouvelles observations sur les minéraux des pegmatites de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXIII (1910), p. 37-53.
42. Sur deux niobotitanates uranifères de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXIII (1910), p. 321.
43. Sur quelques minéraux de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXIV (1911), p. 63-71.
44. Sur les propriétés optiques des béryls de Madagascar en commun avec M. Rengade. *B. S. F. M.*, XXXIV (1911), p. 123-125.
45. Les roches alcalines de Nosy Komba à Madagascar. *C. R.*, CLIII (1911), p. 152-156.
46. Les minéraux radioactifs de Madagascar. *C. R.*, CLII (1911), p. 559-564.

Lacroix (A.).

47. Un voyage au pays des Béryls (Madagascar). *Séance publique annuelle des Cinq Académies* du 25 oct. 1912 (Ac. des Sciences), ef. n° 10.
48. Les volcans du centre de Madagascar. Le massif de l'Itasy. *C. R.*, CLIV (1912), p. 313-317.
49. Les pegmatites gemmifères de Madagascar. *C. R.*, CLV (1912), p. 441-447.
50. L'origine du quartz transparent de Madagascar. *C. R.*, CLV (1912), p. 491-496.
51. Note préliminaire sur quelques minéraux de Madagascar dont plusieurs peuvent être utilisés comme gemmes. *C. R.*, CLV (1912), p. 672-677.
52. Sur les gisements de corindon de Madagascar. *C. R.*, CLIV (1912), p. 797-802.
53. Les niobotantalotitanates uranifères (radioactifs) des pegmatites de Madagascar; leur association fréquente à des minéraux bismuthifères. *C. R.*, CLIV (1912), p. 1040-1046.
54. Sur l'existence de roches à néphéline dans les schistes cristallins de Madagascar. *C. R.*, CLV (1912), p. 1123-1127.
55. Sur quelques minéraux des pegmatites du Vakinankaratra. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 76-84.
56. Sur un groupe de niobotantalates cubiques, radioactifs, des pegmatites du Vakinankaratra. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 84-92.
57. Sur l'existence de minéraux bismuthifères dans les pegmatites de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 92-95.
58. Les gisements de lazulite du Vakinankaratra. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 95-97.
59. Les gisements de cordiérite et d'amphiboles rhombiques de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 97-100.
60. Sur l'existence de la bastnaésite dans les pegmatites de Madagascar. Les propriétés de ce minéral. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 103-113.
61. La tourmaline noire des environs de Betroka. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 123-129.
62. Sur les minéraux de la pegmatite d'Ampangabe et de ses environs et en particulier sur un minéral nouveau (ampangabéite). *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 180-199.
63. Sur la continuité de la variation des propriétés physiques des béryls de Madagascar, en relation avec leur composition chimique. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 200-208.
64. Sur la silicification des végétaux, par les sources thermales (Mont-Dorc, Madagascar). *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 208-211.
65. Sur une nouvelle espèce minérale (manandonite) des pegmatites de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 223-226.
66. Note complémentaire sur les minéraux des pegmatites d'Ampangabe. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 223-231.
67. Quelques nouvelles observations sur les minéraux uranifères de la province de l'Itasy (Madagascar). *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 233-235.
68. Note complémentaire sur les minéraux d'Ambatofotsikely. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 231-233.
69. Sur les roches rhyolitiques et dacitiques de Madagascar et en particulier sur celles de la région Sakalava. *C. R.*, CLVII (1913), p. 14-21.
70. Sur la constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du centre de Madagascar. *C. R.*, CLVI (1913), p. 175-180.

Lacroix (A.).

71. Les cipolins de Madagascar et les roches silicatées qui en dérivent. *C. R.*, CLVII (1913), p. 358-362.
72. Les roches basiques non volcaniques de Madagascar. *C. R.*, CLIX (1914), p. 417-422.
73. Les produits d'altération des roches silicatées alumineuses et en particulier les latérites de Madagascar. *C. R.*, CLIX (1914), p. 617-622.
74. Sur un nouveau type pétrographique (manjakite). *B. S. F. M.*, XXXVII (1914), p. 68-75.
75. Sur quelques déformations des cristaux de betafite et de béryl. *B. S. F. M.*, XXXVII (1914), p. 101-107.
76. Les grenats des groupes almandin-spessartite-pyrope à Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVII (1914), p. 108-112.
77. Sur l'existence de la thorianite à Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVII (1914), p. 176-180.
78. Sur l'opale et sur une nouvelle espèce minérale (faratsihite) de Faratsiho (Madagascar). *B. S. F. M.*, XXXVII (1914), p. 231-236.
79. Sur un type nouveau de roche granitique alcaline renfermant une eucolite (fasibitikite). *C. R.*, CLXI (1915), p. 253-258.
80. Sur de remarquables phénomènes métamorphiques de contact du granite de Madagascar. *C. R.*, CLX (1915), p. 724-729.
81. Sur l'anthosidérite du Brésil et sur les quartzites à magnétite de Madagascar qui renferment des pseudomorphoses de même nature. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 9-15.
82. Sur le sphène malgache et sur ses pseudomorphoses. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 21-24.
83. La bastnaésite et la tscheffkinite de Madagascar; le mode de gisement des fluorocarbonates; pseudomorphoses d'origine pneumatolytique dans les granites alcalins. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 106-125.
84. Sur une macle secondaire suivant p dans la monazite de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 126-129.
85. Sur de nouveaux gisements de fergusonite à Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 130-132.
86. Les zéolites de la Côte sud-est de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 132-135.
87. Sur l'existence du xénotime à Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 137-138.
88. Sur une macle de l'euxénite de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 147-149.
89. Sur le malacon des pegmatites de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 200-204.
90. Sur un nouveau minéral (ambatoarinite) de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 265-271.
91. Sur une eucolite cérifère de Madagascar provenant d'un type nouveau de roche, granitique à ægyrine [fasibitiketa]. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 278-285.
92. La constitution des roches volcaniques de l'extrême Nord de Madagascar et de Nosy-bé; les ankaratrites de Madagascar en général. *C. R.*, CLXIII (1916), p. 253-258.

Lacroix (A.).

93. Sur l'existence de la randannite à Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXIX (1916), p. 85-88.
94. Sur le minéral colorant le plasma de Madagascar et sur la céladonite. *B. S. F. M.*, XXXIX (1916), p. 90-95.
95. Sur les dacites à enstatite de la région de Figeac et sur une lave à enstatite non feldspathique de Madagascar analogue à la boninite. *B. S. F. M.*, XLI (1918), p. 43-52.
96. Le platine à Madagascar. *B. S. F. M.* XLI (1918), p. 98-99.
97. Sur quelques minéraux de Madagascar. *B. S. F. M.*, XLI (1918), p. 186-196.
98. Sur une scapolite des pegmatites de Madagascar constituant une gemme. *C. R.*, CLXIX (1919), p. 261-264.
99. La systématique des roches grenues à plagioclases et feldspathoïdes. *C. R.*, CLXX (1920), p. 20-25.
100. Sur l'existence à Madagascar d'un silicate de scandium et d'yttrium, la thortveitite. *C. R.*, CLXXI (1920), p. 421-423.
101. Sur les groupements réguliers de deux minéraux différents constituant les fers titanés. *C. R.*, CLXXI (1920), p. 481-485.
102. Sur une série de roches syénitiques alcalines potassiques à minéraux sodiques de Madagascar. *C. R.*, CLXXI (1920), p. 594-600.
103. Sur un nouveau spinellide, la chromohereynite, provenant de Madagascar. *B. S. F. M.*, XLIII (1920), p. 69-70.
104. La signification des granites alcalins très riches en soude. *C. R.*, CLXXVII (1923), p. 417-422.
105. Remarques sur les dissogénites à propos de l'evergreenite du Colorado. *C. R.*, CLXXIX (1924), p. 945-950.
106. Le gisement de la thorianite à Madagascar. *B. S. F. M.*, XLVIII (1925), p. 236-237.
107. Les schistes cristallins à dumortierite et lazulite de Madagascar. *C. R.*, CLXXXIII (1926), p. 405-408.
108. Sur une nouvelle région de roches intrusives néphéliniques à Madagascar. *C. R.*, CLXXXVI (1928), p. 1458-1460.
109. Sur un schiste cristallin à saphirine de Madagascar et sur les roches à saphirine en général. *B. S. F. M.*, LII (1929), p. 76-84.

Orcel (J.).

110. Sur la composition chimique de la phosphorite de l'île Juan de Nova (Madagascar). *B. S. F. M.*, XLI (1918), p. 104-108.
111. Sur une roche à corindon, chlorite et spinelle, de Madagascar. *C. R. Cong. Soc. sav. Marseille* (1922), p. 95-99.
112. Sur une chlorite blanche de Madagascar. *C. R.* (1925), p. 1672-1674.
113. Analyses des chlorites malgaches (grochautite d'Antohidrano, ripidolites de la Masoala et d'Androta, prochlorite d'Ampitsinjovana, in : Recherches sur la composition chimique des chlorites (Thèse). *B. S. F. M.*, L (1927), p. 195, 217, 220, 237, 266, 271.

Ungemach (H.).

114. Contribution à la minéralogie de Madagascar. *B. S. F. M.*, XXXIX (1916), p. 5-38.

II

INDOCHINE (1)

Dans les pays qui constituent l'Union indochinoise (Tonkin, Annam, Laos, Cambodge, Cochinchine), les *Formations sédimentaires* jouent un rôle considérable et elles sont d'importance pour la question traitée ici, car elles renferment la plus grande partie des minéraux d'intérêt économique.

Les sédiments primaires appartiennent en faible partie au Cambrien et au Silurien. Le Dévonien, schisteux et calcaire, à aspect métamorphique, couvre d'assez grandes étendues, notamment dans le N.-E. du Tonkin et le S.-E. de l'Annam.

Le Carbonifère et le Permien sont constitués par des calcaires à Fusulines et des grès feldspathiques.

Plus importantes, au point de vue pratique et au point de vue de leur développement en surface, sont les formations triasiques et rhétiennes, constituées par des schistes et des calcaires et se terminant par des grès continentaux. C'est au sommet de cette série que se trouvent les grands *gisements de combustibles*. On attribue aussi au sommet du Rhétien, et peut-être aux étages suivants, de vastes étendues de grès continentaux qui se rencontrent dans toute la région indo-chinoise du Mékong et se prolongent dans le Siam.

Il faut signaler deux affleurements de Lias moyen, l'un près de Tourane, en Annam, et l'autre à Trian, au N.-E. de Saïgon.

On ne connaît pas de sédiments entre ce Lias et le Tertiaire supérieur. De petits bassins lacustres, d'âge miopliocène, ont été rencontrés au Tonkin.

Enfin, il faut rapporter au Pleistocène les immenses étendues d'alluvions (anciennes ou récentes) de la Cochinchine, du Cambodge et du delta du Tonkin dont la merveilleuse fertilité est un des principaux éléments de la prospérité de l'Union indochinoise.

Des *Roches intrusives* et des *Schistes cristallins* ne sont pas sans importance au Tonkin et dans l'Annam.

Les schistes cristallins, consistant surtout en gneiss et en mica-schistes, sont en partie des roches éruptives écrasées et recristallisées.

Parmi les roches éruptives, le granite prédomine, accompagné de quelques diorites, gabbros, péridotites, etc.

(1) Les possessions françaises de l'Inde sont les seules n'ayant fourni aucun minéral et aucune roche aux collections du Muséum.

Les *roches volcaniques*, d'âge varié, sont aussi à signaler. Au Tonkin et surtout dans le Sud Annam, puis dans l'Ouest du Cambodge, ce sont des *rhyolites* et des *dacites* qui semblent d'âge carbonifère et permien, puis dans le Trias, ce sont des roches vertes, altérations d'*andésites* et de *basaltes*.

Enfin, dans le Sud de l'Indochine, le Laos, le Sud de l'Annam, le Nord de la Cochinchine et l'W. du Cambodge, il existe de vastes surfaces couvertes par des coulées démantelées de *basaltes*.

En certains points seulement du Nord de l'Annam se trouvent des appareils conservés d'âge très récent. L'activité volcanique s'est encore manifestée, en 1923, par une éruption sous-marine; elle a construit l'îlot des Cendres, qui n'a pas tardé à disparaître sous les flots.

Il n'est pas possible de préciser l'âge maximum des grandes éruptions basaltiques, mais il est probable qu'elles appartiennent au Pleistocène ou au Tertiaire récent.

Notons que l'Indochine est un pays de *terres rouges* ou *brunes latéritiques*.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Une des richesses de l'Indochine consiste dans les produits de son sous-sol : ils sont presque localisés dans le Tonkin. Les trois principaux sont les *Combustibles minéraux*, l'*étain* et le *zinc*.

a) Gisements de combustibles.

Houille et anthracite. — Les charbons rhéliens constituent les grands gisements houillers de Hongay, Dong Trieu, Kébao, Phan Mé, Ninh Binh, au Tonkin; Nong Son, en Annam.

Les *charbons maigres* et l'*anthracite*, dont il a été extrait plus de 2 millions de tonnes dans les dernières années, sont de beaucoup prédominants; les *charbons gras* et *demi-gras* sont exploités seulement à Lang Cam et à Ninh Binh.

Lignites. — Des lignites, associés à des schistes bitumineux miopliocènes, se rencontrent à Tuyen Quang, Yen Bay, Loc Binh, etc.

b) Gisements métallifères.

Étain. — Deux groupes de gisements sont à signaler et de nature différente : dans la montagne de Pia Ouac (Haut Tonkin), des filons quartzeux du type classique, riches en cassitérite, sont en relations avec un granite à muscovite; il traversent ce granite ou

bien des schistes et des cornéennes métamorphisés par lui. Souvent la cassitérite est localisée aux épontes, alors que dans l'axe des filons abonde le wolfram, accompagné parfois de sulfures (pyrite, pyrrotine, chalcopryrite, galène, blende); d'autres minéraux (molybdénite, hübnerite, scheéelite, apatite, dialogite, etc.) ont été rencontrés dans ce gisement, d'où j'ai rapporté une série de beaux échantillons. Les filons stannifères ne renferment pas de tourmaline, mais ce minéral abonde dans des filonnets quartzeux spéciaux.

Le second gisement se trouve dans le Laos, dans la vallée du Nam Patène (Pak Hin Boun); au milieu d'un cirque de calcaires carbonifères, et non loin d'un granite, des filons quartzeux traversent les grès moscoviens sous-jacents. Aux affleurements, se voient des éluvions, et peut-être un gisement en place, constitué par de la limonite englobant de la cassitérite en très petits cristaux (que j'ai décrits dès 1908). Sans doute est-ce là le chapeau de fer oxydé d'un gisement sulfuré. Je n'y ai vu que la cassitérite, mais récemment des sondages de recherches ont fait découvrir mispickel, pyrite, cassitérite, etc., dans des filonnets quartzeux.

Tungstène. — On vient de voir que le wolfram et la scheéelite accompagnent la cassitérite à Pia Ouac. Ce minéral est surtout exploité dans les alluvions de Tinh Tuc, voisines des filons.

Zinc. — De très grands et très riches gisements zincifères sont exploités dans le Haut Tonkin, notamment à Cho Dien et à Trang Da, dans les calcaires dévoniens, mais leur minéralisation est post-triasique, et peut-être beaucoup plus récente. Quelques gisements de zinc ont été aussi rencontrés dans le Carbonifère de Lang Son (Tonkin). A Cho Dien, l'on observe dans le calcaire des fractures remplies soit par de la calamine, soit par de la smithsonite, généralement non associées. Des amas couches se rencontrent à la base du même calcaire et reposent sur des schistes. Ils renferment de la smithsonite très pure. Ce sont là des gîtes de substitution d'origine primaire; ils renferment aussi des sulfures (blende et galène). Mais, le gisement principal consiste en poches superficielles, ayant souvent plusieurs dizaines de mètres de profondeur; elles ont été creusées par corrosion dans le calcaire dévonien, et sont remplies par une argile ferrugineuse de décalcification avec des blocs miarolitiques de calamine cristallisée. Dans la visite que j'ai faite à ce gisement avec M. Blondel qui, depuis lors, l'a étudié plus en détail, nous n'avons observé aucun minéral zincifère concrétionné contre les parois calcaires. Il s'agit là d'un gisement secondaire remanié.

Plomb et argent. — La galène argentifère est un sous-produit des exploitations de zinc, mais on trouve aussi au Tonkin des filons indépendants de galène, à gangue quartzeuse.

Fer. — Il existe au Tonkin, et aussi au Cambodge (Phnom Dek),

des gisements d'hématite qui sont des réserves pour l'avenir.

Les argiles latéritiques renferment en abondance du minerai de fer (limonite) en grains, libres ou agglomérés en masses continues; ce minerai est désigné sous le nom local de *Bienhoa*, du nom d'une localité située au voisinage de Saïgon.

Titane. — Des minerais de fer titanifères se rencontrent dans les sables de toutes les régions de roches éruptives ou métamorphiques de l'Union. Le traitement électromagnétique du résidu lourd des alluvions stannifères de Tinh Tuc fournit une grande quantité d'ilménite, en sable fin, qui, au moment de ma visite, était stockée.

Chrome. — Un gîte chromifère (magnésiochromite) se trouve au milieu d'une serpentine du Nord-Annam.

Cuivre. — Quelques gisements de cuivre (*chalcopyrite, chalcosite, érubescite*), paraissent exister dans les roches vertes du Trias du bassin de la rivière Noire (Tonkin). Ils ne sont pas exploités.

Antimoine. — Quelques filons de *stibine*.

Or. — Des filons quartzeux, en relation avec le Trias et peut-être avec le Dévonien, sont prospectés au Tonkin (Bao Lac, Bac Lan) et dans l'Annam (Bong Mieu); mais ce sont surtout des alluvions qui sont orpaillées.

c) *Gisements minéraux non métallifères.*

Phosphates. — De nombreux gisements phosphatés ont été prospectés dans les calcaires et surtout dans ceux du Carbonifère, au Tonkin (Thanh-moi), dans le N. Annam (Thanh-hoa), et le Cambodge (Kampol et Battambang). Ils sont d'origine organique (cf. p. 123) remplissage de grottes ou de fissures en relations avec celles-ci. Ces phosphorites sont surtout formées de collophanite.

Pierres précieuses. — Les alluvions basaltiques de Pailing, à l'ouest de Battambang et à quelques kilomètres de la frontière du Siam, renferment de très beaux saphirs, accompagnés de corindon de diverses couleurs, de zircon et de ferropicotite. Ces pierres sont extraites par des Birmans à l'aide de sluices primitifs, et vendues ensuite en grande partie comme provenant du Siam ou de Birmanie: les zircons, la ferropicotite et, à l'occasion, les tectites sont aussi taillés à Phnom Penh.

Jayet. — Dans des gisements de lignite de la région de Khône, au Laos, se trouvent de beaux échantillons de jayet (jais), recherchés par la joaillerie locale.

Pagodite. — Un gisement important de pagodite, d'une nature spéciale, formée par de la kaolinite (et non de la pyrophyllite) est exploité à Trascy (Cambodge) et travaillée à Pursat, d'où le nom impropre de « marbre de Pursat » qui lui est attribué dans le

pays. Une section de l'École des arts cambodgiens, utilise cette matière tendre pour la sculpture d'objets d'ornementation.

Graphite. — Gisements dans les schistes cristallins du Haut Tonkin.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

La collection du Muséum possède tous les minéraux signalés jusqu'ici en Indochine et notamment ceux décrits par M. Dupouy, je ne citerai que ceux exposés dans les vitrines.

OXYDES. — (60). *Zircon* : les cristaux de zircon de Pailing accompagnant le saphir, et se trouvant dans beaucoup d'autres alluvions du Cambodge, sont de couleur orangée et ressemblent à ceux d'Espaly. Il est vraisemblable que les petits cristaux parfaitement incolores que j'ai vu tailler par les lapidaires cambodgiens ont été décolorés par le feu.

Cassitérite. — (61). Les filons stannifères de Pia Ouac renferment des géodes de cristaux de quartz accompagnés de magnifiques cristaux de *cassitérite*; ils sont remarquables par la netteté et l'éclat de leurs faces, la complication de leurs macles; ils peuvent lutter avec ceux de la Villeder.

A Pak Hin Boun, la forme des cristaux de cassitérite ne peut être étudiée qu'après dissolution de la limonite par l'acide chlorhydrique; les cristaux apparaissent alors incolores, sous forme de fines aiguilles terminées par un dioctaèdre aigu.

Corindon. — (63). Le saphir de Pailing est d'un très beau bleu foncé; j'en ai vu un très grand nombre chez les Birmans du village; tous étaient brisés et très roulés; il me paraît vraisemblable qu'ils proviennent de la désagrégation de roches granitiques, de même que les zircons qui les accompagnent.

Diaspore. — Au Cambodge et au Tonkin se trouve une sorte de latérite oolitique ancienne, essentiellement constituée par de petits grains de ce minéral.

CARBONATES. — (83). Le gisement de Cho Dien fournit de très beaux échantillons concrétionnés de smithsonite de diverses couleurs; celui de Trang Da, des cristaux nets, incolores et transparents (scalénoèdres avec des combinaisons compliquées).

Dialogite. — Ce minéral forme à Pia Ouac, des filonnets à structure spathique, d'un beau rose, et à grandes lames rhomboédriques; ils renferment de la pyrite.

Céruosite. — (88). La smithsonite et la calamine de Trang Da sont creusées de cavités contenant de très jolis cristaux, simples ou maclés, de céruosite transparente.

SULFATES. — (103). Beaux cristaux d'*anglésite* dans galène.

TUNGSTATES. — (113-114). Les filons de Pia Ouac fournissent de très jolis cristaux blancs de *scheelite* mesurant jusqu'à plusieurs centimètres de plus grande dimension. Ils sont uniformément formés par l'octaèdre $b\frac{1}{2}$.

Dans le même gisement, le *wolfram* constitue d'énormes agrégats de cristaux dont les clivages ont souvent plus d'un décimètre de plus grande dimension; ils sont parfois limités par quelques faces distinctes. La *hübnerite* constitue soit des cristaux noirs, aplatis suivant h^1 , soit de grandes baguettes engagées dans le quartz et possédant une couleur brun rouge, qui rappelle celle du rutile.

ALUMINATES. — (115). La *ferropicotite* de Pailing se présente en gros octaèdres roulés, semblables à ceux de Madagascar et du Velay. Le fer chromé de l'Annam est une *magnésiochromite* finement grenue.

ARSÉNIATES ET PHOSPHATES. — (122) *Apatite*, gros et beaux cristaux, basés, violacés, transparents d'*apatite*, dans géodes des filons de Pia Ouac, avec cristaux de *hübnerite*, *molybdénite*, *muscovite*; ces cristaux rappellent ceux des gisements stannifères de Schlaggenwald. La *scorodite* (133) et la *strengite*, altérations fréquentes du *mispickel*, sont peu abondantes, mais constituent des cristaux assez nets.

J'ai fait remarquer plus haut que le minéral principal des gisements phosphatés du Tonkin est la (137) *collophanite*, mais on y rencontre aussi la *dahllite*, la (130) *brushite* et la (132) *variscite*.

Dans le granite de Beau Site (Pia Ouac), ont été trouvées de magnifiques croûtes cristallines, épaisses, d'*autunite* (136), rappelant par leur aspect et leur structure celles de l'Autunois. On en a extrait quelques centaines de kilogrammes, comme minéral de radium.

SILICATES. — Parmi les silicates, beaucoup (*staurotide*, *disthène*, *tourmaline noire*, *idocrase*, *épidote*, *grossulaire*, *almandin*, *actinote*, *anthophyllite* et *gédrite*, *palygorskite*) ne présentent pas de propriétés bien remarquables; je signalerai seulement la *calamine* (141), qui, à Cho Dien, tapisse parfois des géodes de ses jolis cristaux ou constitue des agrégats fibrolamellaires, quelquefois colorés en bleu de ciel. La *willémite* est plus rare.

Anthracite. — Je signalerai, en terminant, l'*anthracite* de Dong Trieu, à cassure vitreuse, rappelant celle de certains anthracites américains.

III. — LITHOLOGIE

Au cours de mon voyage en Indochine, j'ai parcouru les principales régions granitiques et basaltiques des divers pays de l'Union et aussi le Yunnan, j'ai recueilli les éléments d'une étude, accompagnée de plus de cent analyses chimiques, qui permet de donner une vue d'ensemble sur la composition chimique des principales roches éruptives de cette vaste région, sur quoi j'ai été aussi documenté par MM. Bourret, Fromaget et Patte.

Les *granites* sont surtout *monzonitiques*, leurs plagioclases sont très zonés; la hornblende accompagne parfois la biotite; mais ils sont quelquefois hyperalumineux (avec cordiérite, sillimanite, muscovite); ils sont localement riches en faciès de variation mica-cés. Exceptionnels sont les *granites hyperalcalins* (à ægyrine et riebeckite), ou même simplement *alcalins*. Certains, plus ou moins amphiboliques, sont *akéritiques*, et il y existe quelques *granodiorites*. C'est là, tout au moins, la caractéristique des granites de l'Annam, région où j'ai plus particulièrement observé des roches fraîches. D'après H. Fromaget, ces granites seraient d'âge anthracolithique inférieur (sommet du moscovien). Ces granites ont métamorphisé certains sédiments schisteux ou calcaires.

Ils sont accompagnés de filons de *microgranites*, *d'aprites* et de *pegmatites*.

Des granites plus anciens (peut-être antécambriens), très déformés mécaniquement et plus ou moins gneissifiés, appartiennent aux mêmes types, mais ils sont généralement assez altérés. Quant aux granites post-liasiques, signalés récemment par M. Saurin, je n'ai eu l'occasion d'étudier que trois échantillons (granites monzonitiques et granodiorite à biotite et hornblende). Peut-être le granite stannifère de Pia Ouac appartient-il à une série assez récente.

Plus remarquables sont les *syénites néphélinifères*, plutôt que néphéliniques, du Haut Tonkin, très déformées structurellement par actions mécaniques; par recristallisation, elles passent à des *gneiss néphélinifères*.

Des *monzonites* et des *plauénites à pyroxène*, présentant la même structure que les monzonites du Tyrol, se trouvent au Tonkin et en Cochinchine. Il faut citer encore des *diorites* à amphibole et pyroxène (île Poulou Condor), des *gabbros*, avec des faciès pegmatiques (euphotide) et des *diallagites* dans le Haut Tonkin.

Les *dolérites* qui accompagnent les basaltes triasiques sont généralement ouralitisées ou saussuritisées.

Enfin des *péridolites* renfermant un gisement de chromite dans le Nord Annam, sont traversées par une *bronzite à olivine*.

La série volcanique du Carbonifère et du Permien est constituée par des roches en général très altérées. Les *rhyolites* sont toujours plus potassiques que sodiques, mais il est possible qu'elles aient été décalcifiées. Ce sont elles qui, au Cambodge et au Laos, sont localement transformées en *pagodite*. Il existe en abondance aussi des *dacites* et *dacitoïdes*, elles, plus sodiques que potassiques et quelquefois *doréitiques*.

Quant aux laves triasiques, de nature andésitique ou basaltique, leurs transformations sont si intenses que je n'ai pu songer à en faire l'étude chimique.

Plus intéressante est la série volcanique récente. Elle est uniformément basaltique. J'y distingue des *basaltes* α , dont toute l'olivine est réactionnelle; l'hypersthène n'y est pas rare. L'intrusion d'un de ces basaltes dans un dépôt de *randannite* a fourni une sorte de *pépérite* dont les éléments éruptifs sont constitués par de petits fragments d'une *obsidienne basaltique* renfermant des ponctuations de fer métallique et par de gros blocs sphériques (*pillow lava*) vitreux à la périphérie, doléritiques au centre. Un second type de basalte ne renferme pas de silice libre (*basalte* β); il est généralement andésinique, tandis que le précédent est surtout labradonique. La discussion des relations entre la composition minéralogique et la composition chimique fait voir que ces basaltes renferment à la fois de l'olivine normale et de l'olivine réactionnelle.

Enfin, un petit groupe est constitué par des *basaltes* β' , parfois limburgitiques, renfermant de la néphéline potentielle. C'est à ce groupe qu'appartient la lave de 1923, qui a édifié l'éphémère Ile des Cendres. Ils renferment parfois des *nodules à olivine*.

Tous les basaltes indochinois présentent de grandes variations structurales, quelle que soit leur composition; on y trouve des types aphyriques, porphyriques et doléritiques, ces derniers sont particulièrement abondants. Cette série basaltique est en moyenne peu titanifère, très feldspathique; elle ne comprend pas de types mélanocrates.

Tous ces basaltes ont été superficiellement altérés en *terre rouge* ou *brune, latéritique* si propice à la culture de l'Hévéa, du café, du quinquina, etc.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. Les Gouverneurs généraux Doumer, Merlin, Varenne, Pasquier, Robin; le Gouverneur Lavit.

Les directeurs du Service géologique : Lantenois, Loehard, Jacob, Blondel, Dussault.

MM. Bourret, Braly, Dupouy, Chabot, Jean Faye, Fromaget, Gübler, A. Lacroix, Mailles, Patte, Saurin, Vicenti, Yersin.

BIBLIOGRAPHIE

Bourret (R.).

1. Contribution à l'étude des roches éruptives indochinoises. *Bull. Serv. Géol. Indochine*, XIII, fasc. I (1924), p. 1-20, 3 pl.

Dupouy (G.).

2. Minerais et Métaux du Tonkin, Paris 1909, 263 p., 1 carte.
3. Études minéralogiques sur l'Indochine française Paris, (1913), 438 p. et 2 cartes.

Hubert (H.).

4. Sur une série de roches du Tonkin. *Bull. Muséum*, Paris 1904, p. 83-92.
5. Le gîte de contact de Trong Loc et les amphibolites de Quang Nam (Annam). *Bull. Muséum*, Paris 1904, p. 151-156.

Lacroix (A.).

6. Minéralogie de la France et de ses colonies. 5 vol., Paris 1893-1913. Liste des gisements étudiés. V. p. 448-453.
7. Sur les gîtes stannifères du Hin Boun (Laos). *B. S. F. M.*, XXIV (1901), p. 423-425.
8. Sur un gisement tonkinois d'autunite. *B. S. F. M.*, XXXI (1908), p. 259.
9. Sur l'existence, dans le sud de l'Annam, d'une pépérite résultant de l'intrusion d'un basalte dans un sédiment à diatomées (en commun avec M. Blondel). *C. R.*, (1927), p. 1145-1148.
10. Du congrès Pan-Pacifique à l'Indochine. *C. R.*, *Acad. sci. colon.*, IX (1927), p. 49-60.
11. La composition des laves basaltiques de l'Indochine. *C. R.*, CLXXXVI (1928), p. 985-991.
12. La syénite néphélinifère du Haut Tonkin et le gneiss qui en dérive. *Fennia* (50), Helsinki, N° 37 (1928), p. 1-9.
13. Le prétendu marbre de Pursat, du Cambodge, variété alumineuse de pagodite. *Acad. sci. colon.*, *C. R.*, X (1927-1928), p. 551-553.
14. Sur un nouveau type alumineux de pagodite. *B. S. F. M.*, LI (1928), p. 342-345.
15. La composition chimique des granites de l'Indochine. *C. R.*, CXLIII (1931).
16. Les faciès de variation et les filons des granites; les monzonites de l'Indochine. *C. R.*, CXLIII (1931).
17. Observations sur la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indochine. (Important mémoire contenant 105 analyses de roches, qui paraîtra prochainement dans le *Bulletin du service géologique de l'Indochine.*)

Patte (E.).

18. Description de l'île des Cendres, volcan apparu en mer au large de la côte d'Annam. *Bull. volcanologique*, Naples (1924), p. 162-172.
19. Étude de l'île des Cendres, volcan apparu au large de la côte d'Annam. *Bull. Serv. géol. Indochine*, XIII Fasc. II (1925), p. 1-19, 6 pl.
20. Sur la présence du diaspore dans les roches anciennes latéritiformes du Tonkin. *B. S. F. M.*, XLVIII (1925), p. 116-119.
21. Étude géologique sur l'est du Tonkin. *Bull. Serv. géol. Indochine*, XVI (1927), p. 1-34, 9 pl. cartes géol. Pétrographie, p. 253-275.

Tronquoy (R.).

22. Pyrite de Muong Sai (Indochine). *B. S. F. M.*, XXXVII (1914), p. 127-131.

III

NOUVELLE-CALÉDONIE

La Nouvelle-Calédonie, longue terre allongée dans la direction N.-W., et bordée de récifs coralliens, a une constitution quelque peu complexe. Elle contient, en effet, des *Schistes cristallins*, localisés dans la chaîne centrale et sur son versant pacifique, avec grand développement, surtout dans la partie Nord de l'île, de *Formations sédimentaires* comprenant des schistes non fossilifères azoïques, puis du Permo-trias, des couches appartenant au Jurassique supérieur et au Crétacé et enfin à l'Éocène. Ces diverses formations renferment des coulées et des tufs volcaniques contemporains.

Au milieu des schistes et des calcaires de l'Éocène, localisés le long de la côte occidentale que baigne la mer de Corail, se trouvent de grands massifs de *péridotites* dont il existe aussi quelques massifs isolés dans toutes les formations précédentes; ces péridotites enfin constituent toute l'extrémité méridionale de l'île.

Du point de vue minéralogique, nous n'avons à retenir que les schistes cristallins, les sédiments crétacés qui renferment les couches de combustibles et enfin les péridotites, où sont localisées les principales richesses minières de l'île.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

La Nouvelle-Calédonie est essentiellement un pays minier et agricole. Ses principales richesses minérales sont le nickel, le chrome, le cobalt et le charbon.

Nickel. — Les grands gîtes de nickel ont été découverts, en 1864, par Jules Garnier. Ils consistent en un hydrosilicate de nickel et de magnésie, appelé *garniérile* ou *nouméite*. Le nickel existe normalement à l'état de traces dans les péridotites; au cours de leur serpentínisation, le nickel est entraîné avec le magnésium et se concrétionne en un minéral vert pomme, quand il est pur. Il forme des veinules et des imprégnations au milieu de la serpentine. Parfois il constitue le ciment de brèches dont les éléments sont des blocs de serpentine. Certains minerais un peu ferrifères sont d'un brun jaune (*nickel chocolat*). J'ai pu montrer que la concrétion de la garniérile est un phénomène qui se poursuit actuelle-

ment; nous possédons, en effet, le moulage naturel en garniérite d'un Insecte coléoptère (*Adelium externacostatum*) qui vit encore dans l'île. Ce minerai de nickel est toujours d'origine secondaire.

Chrome. — Il n'en est plus de même pour le minerai de chrome constitué par une variété de chromite, que l'on peut appeler *magnésiochromite*. Elle constitue des amas, des ségrégations et de véritables filons dans la péridotite. Ce minéral, très résistant aux actions chimiques, ne se modifie pas au cours de la serpentinisation de la péridotite, pas plus que pendant la transformation de celle-ci en terre jaune ou rouge. Mais grâce à cette décomposition de la roche qui l'englobe, il constitue des amas de concentration dans des éluvions, puis, par destruction de celles-ci, dans des alluvions; ses débris sont souvent alors recouverts d'un enduit des produits d'altération des minéraux ambiants, et particulièrement d'oxyde de fer; c'est ce que les mineurs appellent le *chrome rouge*.

Cobalt et manganèse. — Le cobalt et le manganèse existent aussi à l'état de traces dans les péridotites. Lors de la transformation de celles-ci, au lieu de se silicater comme le nickel, ces deux corps se concentrent ensemble, avec le fer, pour former des concrétions d'*asbolite* noire, en masses terreuses, compactes ou botroydes. On les exploite dans la terre rouge.

Mercure. — Une petite quantité de mercure, sous forme de cinabre, a été trouvée dans des filons quartzeux.

Plomb et cuivre. — Des filons concrétionnés plombifères (galène) et des imprégnations cuivreuses (chalcopryrite, mélaconite, chalcocite, cuivre natif) sont localisés dans les schistes cristallins du Nord de l'île. Ces gisements, exploités avec des succès divers, ont fourni quelques remarquables minéraux cristallisés.

Fer. — Le minerai de fer, sous forme d'hématite ou de limonite, abonde dans les terres rouges de décomposition des péridotites.

Or. — Il faut signaler quelques recherches d'or natif, argentifère, dans les filons de quartz de la région cristalline.

Combustibles. — Des couches de charbon, de nature très variée, comprenant des *houilles* grasses ou maigres et enfin l'*anthracite*, sont distribuées dans plusieurs petits bassins isolés dont l'âge a été beaucoup discuté; d'après les travaux les plus récents dus à M. Piroutet, ils doivent être rapportés au Mésocrétacé.

Phosphorites. — Plusieurs des îlots coralliens qui bordent la Nouvelle-Calédonie, ou se trouvent plus ou moins loin d'elle, renferment des gisements de guano lavé [cf. p. 126].

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

(6). ARGENT NATIF. — Jolis échantillons d'argent filiforme associé aux cristaux de cérusite des filons de la mine Mérétrice.

(15). *Cuivre natif*. — Belles masses de cuivre dendroforme ou masses poreuses formées de petits cristaux, dans les micaschistes cuprifères du nord.

(12). *Molybdénite* dans veines de quartz.

(28). *Chalcocite*, en masses finement cristallines ou terreuses, associées à *mélaconite* (68) et *cuprite* dans les mêmes gisements que le cuivre natif.

(30). *Cinabre* en petits cristaux nets, associés à des gouttelettes de *mercure natif*, dans filons de quartz.

(59). *Rutile*. — Longs cristaux, souvent curieusement tordus, dans quartz des micaschistes.

(70). *Hydrargillite*. — Ce minéral, d'origine latéritique, sert souvent de ciment à des blocs de magnésiochromite et constitue dans les cavités des croûtes fibreuses ou des stalactites, à structure fibrolamelleuse, qui rappellent les beaux échantillons du Brésil.

(89). *Cérusite* et *anglésite* (103). La mine Mérétrice dont le minerai est la *galène*, a fourni, au-dessus du niveau hydrostatique, d'admirables cristaux de *cérusite* et d'*anglésite*, ces derniers colorés en jaune par un pigment limoniteux.

La mine Pilou, voisine de la précédente, a donné de très beaux cristaux de *chessylite* (92), de *linarite* (105), de *calédonite* et aussi de la *brochantite* (105), associée à la *cérusite*, etc.

(96). *Asbolite*.

(98). *Barytine*. — Une variété laminaire de ce minéral, dégageant une odeur très fétide par le choc, n'est pas rare dans l'île.

(113). *Scheéelite*. — Tout à fait remarquable est un gisement de *scheéelite*, en masses grenues, d'un blanc de lait, associés à de la *dalholite* constituant une veine importante au milieu d'une roche verte (andésite), très altérée.

(116). *Magnésiochromite*. — Je désigne sous ce nom le minerai chromifère de la Nouvelle-Calédonie, à cause de sa richesse en magnésie. Il se présente en octaèdres nets ou en masses compactes à éclat vitreux extrêmement vif.

(117). *Magnétite*. — La magnétite constitue de beaux octaèdres dans les chloritoschistes du Nord : je l'ai rencontrée aussi sous une forme tout à fait exceptionnelle, celle de cubes, purs ou associés aux faces du rhombododécaèdre ou de l'octaèdre (cristaux isolés dans la terre rouge).

(124). *Pyromorphite*. — La mine Mérétrice a donné quelques admirables échantillons de ce minéral, en gros cristaux jaunes, remarquablement zonés.

(141). *Staurolite*. — Petits cristaux nets dans les micaschistes.

(144). *Datholite*. — La datholite du gisement précédemment cité est compacte et ne se distingue, au premier abord, de la scheé-
lite qui l'accompagne que par sa densité.

(157). *Grenais*. — Deux types de grenats se rencontrent, et dans des gisements différents; l'almandin, en rhombododécaèdres nets dans les micaschistes et surtout dans les glaucophanites, l'*ouwarowite*, en très petits cristaux, d'un magnifique vert émeraude, dans l'ouénite et dans les fentes de la magnésiochromite.

(165). *Nouméite* (*Garniérile*). — Ce minéral, quand il est concrétionné, fournit de beaux échantillons, parfois translucides dont il m'a été possible de déterminer les propriétés optiques. Il existe de nombreuses variétés compactes ou terreuses, plus ou moins riches en nickel, et variant, par suite, depuis le vert pomme foncé jusqu'au blanc, à peine teinté de vert; j'ai parlé plus haut du nickel chocolat des mineurs. A remarquer, sur le péristyle de la Galerie un magnifique bloc de nouméite vert pomme.

Népouite. — Ce minéral, spécial à la Nouvelle-Calédonie, est une antigorite nickélicifère.

Les serpentines renferment encore du *chrysotile* fibreux et une variété de *deweylite*, ayant l'aspect de la gomme et dont il m'a été possible de déterminer les propriétés optiques. La collection en renferme un très beau morceau.

(167). *Bronzite*. — La bronzite forme de très gros cristaux dans les norites et les bronzitites.

(168). *Diopside chromifère*. — Ce minéral, d'un vert émeraude, est l'un des éléments de l'ouénite et se trouve aussi en grands cristaux dans certaines chromitites.

(173). *Hornblende*. — Les diorites et gabbros des massifs périodotiques renferment des cristaux de hornblende d'un brun verdâtre de plusieurs centimètres.

(174). *Glaucophane*. — Ce minéral offre des variétés nombreuses, petits cristaux nets dans les micaschistes, gros cristaux à formes indistinctes dans les glaucophanites. Il existe de nombreux termes de passage entre la glaucophane proprement dite et la hornblende.

Charbons. — Voir plus haut.

Résine. — Il existe en abondance à la Nouvelle-Calédonie une résine subfossile, fournie par un conifère, le kauri. Depuis une époque très éloignée, cette résine s'écoule dans le sol, formant des amas qui sont ensuite arrachés par les eaux sous forme de blocs ou fragments translucides et charriés à des distances plus ou moins lointaines.

III. — LITHOLOGIE

Parmi les roches de la Nouvelle-Calédonie, je ne retiendrai ici que deux séries, les *schistes cristallins* du Nord et les *péridotites*. Quelques granites, puis les roches volcaniques intercalées dans le Trias, le Néocomien, le Nummulitique supérieur et qui sont des *andésites*, des *basaltes (dolérites)* et plus rarement des *rhyolites*, sont, en effet, très altérées et ne présentent pas d'intérêt scientifique.

Schistes cristallins. — Les schistes cristallins, et particulièrement ceux du Nord (vallée du Diahot), sont très remarquables en ce qu'ils offrent une ressemblance frappante avec ceux des régions alpines, de la Corse et de la Méditerranée orientale.

On y trouve des *micaschistes*, surtout à muscovite, parfois riches en almandin, en staurolide, en glaucophane et surtout en albite non maclée; il existe des *chloritoschistes* albitiques, micacés, glaucophanifères ou non, renfermant parfois de jolis cristaux macroscopiques de magnétite.

Les roches à glaucophane prédominante sont très nombreuses et très variées, elles renferment parfois de la muscovite, des épidotes. Les unes sont très schisteuses, nématoblastiques, les autres dépourvues de rubanement, mais fréquemment alors riches en *lawsonite* et en *épidotes*; ces dernières glaucophanites que j'ai comparées plus particulièrement à celles de Corse, comme elles, appartiennent à une série ortho, tandis que d'autres résultent de la transformation de sédiments métamorphiques.

Péridotites. — A l'état originel, ces péridotites ont été des *dunités* et des *harzburgites*, mais les échantillons intacts sont rares, les Canaques savaient les reconnaître à cause de leur dureté plus grande et en faisaient des pierres de fronde. Le plus souvent, ces roches sont transformées en serpentine, à structure maillée. Superficiellement, péridotites et serpentines sont décomposées en terre jaune ou rouge.

Particulièrement intéressantes, au point de vue théorique aussi bien qu'économique, sont les *chromitites*, essentiellement formées de magnésiochromite, mais pouvant, dans certains cas, contenir en grande abondance des cristaux de bronzite et de diopside, atteignant plusieurs centimètres de longueur et englobant poecilitiquement des octaèdres de magnésiochromite. Ces chromitites, comme je l'ai dit plus haut, constituent des amas, des taches, contemporaines dans la péridotite ou bien de véritables filons.

Certaines parties des massifs péridotiques sont traversées par des dykes de roches à facies pegmatique (*diorites, gabbros, norites*,

bronzitites, hornblendites), ou microgrenues (*microgabbros*). Le feldspath de ces roches est généralement très calcique (bytownite ou anorthite). Dans certains cas, il est prédominant et la roche devient une *anorthosite* (île Ouen).

Particulièrement remarquable est la roche de l'île Ouen que j'ai appelée *ouénite*; c'est un gabbro anorthique, à grain fin, renfermant de l'olivine et ne contenant pas de minerais; son pyroxène est un diopside chromifère, ce qui explique la couleur vert pomme de la roche qui contient, çà et là, de petits cristaux d'*ouwarovite*. Contrairement aux roches à grands éléments, l'ouénite a localement subi des modifications structurales dues à des actions dynamiques très puissantes; elles l'ont transformée alors en une roche compacte, rubanée de blanc de lait, et de vert émeraude, d'un très bel effet ornemental.

Les haches de pierre que les Canaques utilisaient encore au moment de la conquête française étaient formées, soit par l'ouénite, soit par un véritable *jade* résultant de la transformation de roches gabbroïques.

Je noterai enfin que j'ai eu l'occasion de montrer que la butte de Rawa, couronnant l'île de Maré dans l'*archipel Loyally*, voisin de la Nouvelle-Calédonie, est un *basalte doléritique basanitoïde*, d'origine volcanique.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. Jules Garnier, Glasser, Higginson, Pelatan, Piroutet.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

1. Minéralogie de la France et de ses Colonies. T. V. Liste des gisements étudiés, p. 454-459.
2. Note préliminaire sur les minéraux des mines de la vallée du Diahot (Nouvelle-Calédonie). *B. S. F. M.*, XVII, 1894, p. 49-57.
3. Sur quelques minéraux de la Nouvelle-Calédonie. *C. R.*, CXVIII (1894), p. 551-554.
4. Note additionnelle sur la pyromorphite de la Nouvelle-Calédonie. *B. S. F. M.*, XVII, 1894, p. 120-121.
5. Sur la lawsonite de Corse et de la Nouvelle-Calédonie. *B. S. F. M.*, XX (1897), p. 309-312.
6. Sur une pseudomorphose d'un insecte en nouméite (Nouvelle-Calédonie), *B. S. F. M.*, XXVI (1903), p. 303.
7. Le cortège filonien des péridotites de la Nouvelle-Calédonie. *C. R.*, CLII, 1911, p. 816-822.
8. Sur l'existence de roches volcaniques aux îles Loyalty. *C. R., Soc. géol. Fr.*, N° 2, (1918), p. 24-25.

Glasser.

9. Note sur une espèce minérale nouvelle, la népouite, silicate hydraté de nickel et de magnésie. *C. R.*, CXLIII (1906), p. 1173-1175. *B. S. F. M.*, XXX (1907), p. 17-28.

Ungemach (H.).

10. Sur la symétrie de la calédonite et l'existence de cristaux de ce minéral en Nouvelle-Calédonie. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 553-560.

IV

GUYANE

De toutes les Colonies françaises, la Guyane est celle dont la constitution du sol est le moins connue : cela est dû à des causes multiples : rareté des explorateurs, épaisseur de la forêt, climat, intensité de la latéritisation.

Ce que l'on peut dire, c'est que cette région est exclusivement constituée par des *schistes cristallins* (*gneiss* et *micaschistes*), traversés par des intrusions de *granite* et subsidiairement de *diorites*, de *gabbros* et surtout par de nombreux dykes de *dolérites*.

1. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

OR. — L'or est le seul produit du sol qui soit exploité, il constitue la ressource principale de la Colonie.

Il semble résulter des observations publiées que l'or est absent des régions granitiques et localisé dans celles formées par les schistes cristallins.

Dans ceux-ci se trouvent des veines interstratifiées de quartz bleuâtre ou laiteux, renfermant, par places, au-dessus du niveau hydrostatique : pyrite, mispickel, stibine, etc., intacts ; ces veines sont souvent stériles au point de vue de l'or.

D'après Lovat, seules seraient aurifères les veines se trouvant au voisinage de diorites qui, elles-mêmes, renfermeraient de l'or, natif ou associé à la pyrite. Il n'est pas démontré que ces roches amphiboliques soient toujours éruptives et l'on peut se demander si, comme à Madagascar, ce ne sont pas des amphibolites : tel est certainement le cas pour celles des exploitations Saint-Élie que j'ai examinées ; des analyses en cours permettront de discuter leur origine.

Deux exploitations seulement se trouvent actuellement sur des gîtes en place : ce sont surtout des éluvions et des alluvions qui sont exploitées ; elles semblent généralement être peu épaisses (un mètre au plus) et recouvertes par des terres stériles. Elles reposent sur des argiles résultant de l'altération du substratum. L'or de la Guyane, souvent en pépites, est souvent à haut titre. Il a, paraît-il, été trouvé aussi un peu de *platine*.

La découverte de l'or à la Guyane date de 1853; le premier placer a été exploité dans l'Arataïo, affluent de l'Approuague.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Notre collection ne renferme guère que des échantillons d'*or natif* (8); or dans cavités laissées par disparition de pyrite : or dans quartz; petites pépites ou paillettes roulées, et aussi quelques-uns des minéraux qui les accompagnent dans les fonds de batée (*staurolite, grenat, zircon, etc.*).

Nous possédons aussi quelques échantillons de *pyrite* aurifère, de cubes de pyrite limonitisée, de *tourmaline* noire, de *muscovite*, en grandes lames, des *pegmatites*, de *prehnite* dans dolérite.

Des cristaux de *heulandite*, de *stilbite* ont été recueillis dans les fentes de gneiss (Cayenne).

Voir page 124 pour la *variscite* et la *barrandite* formées par l'action du guano sur les gneiss et les dolérites de l'île du Connétable.

III. — LITHOLOGIE

J'ai examiné, et fait analyser, quelques roches de la Guyane, mais le résultat de leur étude n'a pas été publié.

Roches éruptives. — Le type le plus fréquent de *granite* est monzonitique : il est accompagné d'*aplites* et de *pegmatites* à *muscovite* et *tourmaline*. Des *diorites* à gros grain sont très leucocrates.

De même que dans les Guyanes hollandaise et britannique, les *dolérites* sont très abondantes, en filons dans les schistes cristallins et dans le granite; elles rappellent celles de la Guinée par leur composition et leurs particularités de structure. Ce sont des dolérites α ou β , peu ou pas ouralitisées, dont le pyroxène est souvent la *pigeonite*.

Les types à olivine sont assez fréquents et, dans certains d'entre eux, le péridot est associé à du quartz. La forme microlitique de ces dolérites a quelquefois la composition d'une *sakalavite* labradorique.

Schistes cristallins. — Les *orthogneiss* paraissent prédominer; beaucoup d'entre eux ont un caractère monzonitique. Les types amphiboliques sont fréquents et contiennent assez souvent de l'épidote. J'ai rencontré dans certains d'entre eux une variété d'amphibole à rapprocher de la *hudsonite*.

Les *amphibolites*, feldspathiques ou non, de la série ortho sont assez abondantes. A signaler, associée à ces roches mésocrates,

un type très leucocrate, à structure granoblastique essentiellement constitué par de l'anorthite et de l'épidote et rappelant les roches similaires de Ceylan et de Madagascar que l'ai antérieurement décrites.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. Devez, Geay, A. Joly, C. de la Marlière.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

1. Minéralogie de la France et de ses colonies. Liste des gisements étudiés. V. p. 446-447.
2. Guyane. — *in* Les gisements de l'or dans les Colonies françaises (1918), p. 53-58.

V

ILES SAINT-PIERRE ET MIQUELON

Les quelque 240 km. carrés de cette colonie, située sur la côte méridionale de Terre-Neuve, comprennent les deux Miquelon, réunies par l'isthme de Langlade, l'île de Saint-Pierre et quelques flots rocheux.

Les Miquelon sont formées par des sédiments gréseux précambriens ou cambriens. A Saint-Pierre, existe une *rhyolite à plagioclase* et à Miquelon un *granite*. Ces roches sont trop altérées pour avoir pu être analysées.

Il faut signaler, en outre, des blocs de roches variées apportés par les glaces.

VI

AFRIQUE DU NORD

Les possessions françaises de l'Afrique du Nord comprennent les trois départements de l'Algérie (Constantine, Alger, Oran), flanqués, à l'Est, du protectorat de la Tunisie et à l'Ouest, de celui du Maroc. Dans l'exposé qui suit, je réserve la fraction saharienne de cet ensemble dont il sera question à l'article *Sahara*.

Cette vaste région est essentiellement constituée par des formations sédimentaires; ce sont elles qui renferment, à peu près toutes les richesses minières reconnues, soit à l'état de dépôts contemporains (phosphates, certains minerais de fer), soit à l'état de masses d'origine primitive profonde, comme c'est le cas pour la plus grande partie des gîtes métallifères.

Ceux-ci sont pour la plupart localisés, en Algérie, sur le bord septentrional de l'Atlas tellien, chaîne plissée et disloquée de direction E.-W., et par suite parallèle à la côte méditerranéenne. Cette côte borde une zone d'effondrement, le long de quoi se sont produits des intrusions de roches grenues et des épanchements volcaniques plus importants, d'âge tertiaire. Les venues métallifères sont vraisemblablement en relation avec ces phénomènes éruptifs.

En Tunisie et en Algérie, le plus grand nombre de ces gisements métallifères, filons, incrustations, etc., se trouvent donc dans des roches, calcaires ou marneuses, alternant avec des schistes, quelquefois dans des grès (Algérie) ou dans quelques massifs cristallophylliens émergeant au milieu des sédiments. Le peu de profondeur de ces gîtes explique l'importance des transformations minéralogiques et par suite chimiques (oxydation, carbonatation, etc.) qu'ont subies leurs minerais et qui les rendent particulièrement intéressants aux points de vue scientifique et pratique.

De tout ceci, il résulte que la minéralogie de l'Afrique du Nord a des caractéristiques très spéciales; elles peuvent être mises en opposition avec celles de Madagascar; ici les silicates ne jouent qu'un rôle minime, limité aux roches volcaniques; au contraire, les sulfures, les sulfosels et les minéraux oxydés (oxydes, carbonates, sulfates, phosphates, arséniates, vanadates), qui en dérivent, jouent un rôle prépondérant.

Pour ce qui concerne les confins désertiques de l'Afrique du Nord, voir à l'article *Sahara*.

I. — TUNISIE

La Tunisie présente le maximum de développement des formations sédimentaires; elles appartiennent au *Trias* et surtout au *Jurassique*, au *Crétacé* et au *Tertiaire*. Quelques *ophites* dans le *Trias*, quelques lambeaux *andésitiques* ou *basaltiques* sur le continent, constituent, avec les roches *granitiques* des îles de la Galite, les seules formations éruptives.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Phosphates. — Les couches phosphatées, qui ne manquent pas dans le nord de la Tunisie, sont surtout développées dans l'Extrême Sud, à Gafsa; de petits grains de collophanite, des débris organisés existent en quantité prodigieuse dans des roches calcaires friables, de l'Éocène inférieur, fructueusement exploitées.

Plomb et zinc. — Le plus grand nombre de ces gisements se trouvent dans des calcaires: amas calaminaires, gîtes de fracture ou de contact de sédiments de nature différente, gîtes secondaires. Ils renferment *galène*, *blende* et des minéraux oxydés, qui existent quelquefois seuls: *smithsonite*, *calamine*, *cérusite*. Le Djebel Res-sas et Sidi Amor ben Salem sont à citer spécialement pour la beauté des cristaux qu'ils renferment.

Fer. — Gîtes sédimentaires d'hématite manganésifère siliceuse reposant sur grès éonummulitique.

Sel. — Gisements de sel triasique semblables à ceux d'Algérie: à l'W.-N.-W. de Gabès, dans la région saharienne.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

SULFURES. — *Réalgar* sur grès.

SULFOSELS. — (35). *Berthonite*, sulfo-antimoniure de plomb découvert par M. Buttgenbach.

CHLORURES. — *Colunnite*, avec phosgénite et covellite, formées sur les métaux d'une galère romaine immergée par 40 mètres de fond au large de Mahdia.

CARBONATES. — (82). *Smithsonite*. Formes variées, concrétionnées.

(82). *Giobertite*. Grandes lames aplaties suivant la base ayant jus qu'à 6 centimètres de diamètre et provenant des argiles triasiques.

(88). *Cérusite*. Très gros et très beaux cristaux des gisements plombifères et zincifères : macles remarquables.

(87). *Strontianite*. Cristaux et masses fibreuses dans fentes des calcaires éocènes.

(90). *Hydrozincite*. Masses concrétionnées.

(91). *Chessylite*. Longs cristaux dans argiles.

(94). *Phosgénite*. Très gros et très beaux cristaux d'un gisement plombifère.

(99). SULFATES. — *Barytine* en stalactites, à structure zonaire et fibreuse.

(100). *Célestine*. Très beaux cristaux des sédiments éocènes phosphatés et des gisements calaminaires.

(103). *Anglésite*. Cristaux remarquables par leur limpidité, l'énormité de leurs dimensions et la richesse de leurs faces.

(105). *Leadhillite*. Cristaux isolés de 2 centimètres de diamètre. *Mirabilite* des sebkhas.

Gypse en cristaux du Trias et des gisements calaminaires.

PHOSPHATES, ARSÉNIATES, VANADATES. — *Mimétite*, *vanadinite* et *descloizite* des gisements plombifères.

Collophanite des gisements phosphatés sédimentaires.

SILICATES. — (141). *Calamine* et *willémite* (154).

III. — LITHOLOGIE

Les roches des quelques gisements volcaniques continentaux décrits par M. Solignac sont des *basaltes* ou des *andésites* β et des *dacitoïdes*, *dacites*, *micro-akérites*.

Les îles de la Galite, étudiées par le même savant et par Vélain, renferment des *microgranites alcalins* et *monzonitiques*, des *granodiorites*, *microgranites*, *rhyolites*. Ces roches contiennent souvent de l'hypersthène et du grenat almandin. A signaler encore *diorite micacée quartzifère* et *akérite*. Toutes ces roches sont remarquables par leurs plagioclases extraordinairement zonés.

Tout cet ensemble lithologique est postnummulitique.

Les ophites de Tunisie ne diffèrent pas de celles d'Algérie.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. Berthon, Buttgenbach, Charcot, Dangeard, Pervinquière, Solignac, Pierre Termier.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

1. Minéralogie de la France et de ses colonies. 1893-1913. (De nombreux minéraux tunisiens sont décrits dans cet ouvrage, sans avoir fait l'objet de notes spéciales : la liste des gisements étudiés constitue les pages 401 à 404 du tome V.)
2. Sur quelques minéraux formés par l'action de l'eau de mer sur des objets métalliques romains trouvés en mer au large de Mahdia (Tunisie). *C. R.*, CLI (1910), p. 276-279.

Gaubert (P.).

3. Les minéraux des grès de Ségala (Tunisie), *D. S. F. M.*, XLI (1918), p. 33-38).

Solignac (Marcel).

4. Étude géologique de la Tunisie septentrionale. Tunis, 1927 [*Roches éruptives*, p. 409-470].

II. — ALGÉRIE

Le sol de l'Algérie est essentiellement sédimentaire, mais il y existe aussi des lambeaux de *Schistes cristallins* ou de *Schistes paléozoïques métamorphisés*, lardés de filons de *pegmatites* à muscovite et tourmaline (massif de l'Edough et Nord du Djurjura; de petits pointements analogues se trouvent, en outre, entre celui-ci et le massif d'Alger, etc. On y rencontre des *gneiss*, des *micaschistes*, des *cipolins*, des *amphibolites*.

Comme *Roches éruptives* anciennes, il faut citer le massif *granitique* de Nedroma près Nemours.

Parmi les *Formations sédimentaires*, les terrains antéjurassiques, ne jouent qu'un rôle effacé, sauf dans l'Extrême Sud qui est traité à l'article « *Sahara* ». Les *Formations jurassiques, crétacées et tertiaires*, prédominent; il faut cependant noter comme particulièrement intéressant au point de vue minéralogique le *Trias* qui, à tous égards, rappelle celui des Pyrénées. Il se trouve soit dans l'axe des dômes et des anticlinaux, soit sous forme d'intrusions dans tous les sédiments du Lias au Miocène, il est constitué souvent par un chaos d'argiles bariolées, de gypse, de dolomies, de cargneules, d'ophite et même de débris de roches cristallines anciennes. Il renferme des sources salées et, dans l'Atlas saharien des *rochers de sel* qui ont échappé à la dissolution.

Le *Jurassique* est surtout développé dans l'Oranie, où son importance est comparable à celle du *Crétacé*. Dans le département d'Alger, le *Crétacé* domine sur le *Jurassique* et, dans celui de Cons-

tantine, l'*Éocène* rivalise comme importance avec les deux formations précédentes. Tous ces terrains sont fortement plissés et disloqués.

Tout le long de la côte méditerranéenne et jusqu'à une certaine distance de celle-ci, se rencontrent des intrusions et des épanchements plus nombreux et plus importants de roches éruptives : les *granites*, les *microgranites* et les *rhyolites* datent de l'*Éocène*. A partir du *Miocène* (Burdigalien = Cartennien) jusqu'au *Pléistocène*, ce sont uniquement les roches franchement volcaniques, dont il va être question plus loin.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Les trois principales productions minérales de l'Algérie sont le *fer*, le *zinc* et les *phosphates*, mais il en est beaucoup d'autres.

Fer. — Les minerais sont la magnétite, l'hématite, la sidérite et la limonite. Les gisements les plus importants sont les gîtes de substitution dans des calcaires (Lias moyen dans l'Atlas tellien et Aptien dans l'Ouenza), avec sidérite en profondeur, limonite et hématite en surface. Il existe (Alger) dans le Sénonien des filons de sidérite oxydée aux affleurements, renfermant souvent, en outre, des lentilles de minerais de cuivre; des gîtes de magnétite dans les calcaires cristallins, avec hématite et limonite aux affleurements, pyrite en profondeur; des imprégnations d'hématite dans les schistes, avec pyrite en profondeur. Enfin, il faut citer des limonites oolitiques sédimentaires.

Zinc et plomb. — Les principaux minerais sont : smithsonite, blende, galène, cérusite. Les gîtes sont de nature diverse : tout d'abord amas de substitution dans les calcaires; filons avec sulfures variés, et smithsonite, calamine, hydrozincite aux affleurements. Il faut citer encore des injections dans calcaires, avec sulfures, galène et blende; il existe aussi des gisements de substitution surtout plombeux (galène, cérusite, mimétite), mais renfermant de l'antimoine (nadorite).

Mercure. — Le cinabre accompagne la galène et la blende dans certains filons. Elle se trouve aussi avec stibine et ses produits d'altération. Elle constitue enfin des imprégnations dans des grès éocènes (Ras el Ma).

Cuivre. — Principaux minerais : panabase, chalcoppyrite, covellite, malachite, chessylite. — Filons de sidérite avec chalcoppyrite et panabase; injections dans calcaires et encore imprégnations diffuses dans grès et schistes crétacés.

Antimoine. — Gisements nombreux dans le département de Constantine. Filons et incrustations dans calcaires d'âge varié;

senarmontite et valentinite dans le Gault. Gisements de substitution dans calcaires, avec nadorite, flajolotite et smithsonite. Amas, dans calcaires, de stibine généralement transformée en stibiconite, avec quelquefois cinabre.

Arsenic. — Lentilles d'orpiment et de réalgar dans marnes de l'Éocène inférieur. Filons de mispickel. Curieuses imprégnations de *scorodite* dans calcaires (Djebel Debar). Amas de mimétite et de cérusite dans calcaires liasiques (Aïn-Achour).

Soufre. — Gisements produits par la réduction de gypse sahélien du type de ceux de Sicile. Amas de pyrite (Filfila).

Phosphates. — Puissants gisements de calcaires phosphatés de l'Éocène inférieur de la province de Constantine (région de Tébessa) offrant une grande analogie minéralogique avec ceux de Gafsa en Tunisie et du Maroc. Des gisements de grottes calcaires ont fourni des phosphorites concrétionnées (collophanite et quercyite) et la minervite.

Sel et gypse. — Dans les anticlinaux de l'Atlas saharien, il existe des affleurements de Trias renfermant des dépôts de gypse et de sel gemme qui, grâce à la nature du climat, ont pu subsister et constituent des *rochers de sel*, tels ceux de Djelfa et d'El Outaia

Randannite. — Des couches importantes de randannite (*Kieselgühr*) du département d'Oran sont d'âge sahélien et riches en empreintes de Poissons.

Combustibles. — Petit bassin westphalien de Kenadza, à l'W.-S. de Colomb Béchar fournissant de la houille grasse.

Quelques gisements de lignite ont été exploités dans le Miocène.

Pétrole. — Enfin des gisements de pétrole ont été prospectés dans l'Oranic, notamment dans l'Helvétien.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

CORPS SIMPLES. — (192) *Diamant.* — La collection renferme un des trois diamants qui, en 1833, ont été vendus à Paris comme provenant de l'Oued Roumel; depuis lors, il n'a plus été question de ce gisement.

(1). *Soufre.* — Le soufre se trouve dans le Trias associé à du gypse et surtout dans le Sahélien à Héliopolis, gisement qui a fourni de beaux cristaux du type de ceux de Sicile.

SULFURES. — (10). *Orpiment.* — Masses laminaires provenant des marnes éocènes.

(10). *Stibine.* — Ce sulfure, en cristaux ou en masses fibrolamellaires, est généralement transformé en *stibiconite*, en *cumengite*, parfois recouvertes de *cinabre*.

(13). *Blende*. — La mine d'Aïn Barbar a fourni de très beaux tétraèdres de blende noire, ayant l'aspect de cuivre gris.

(18). *Pyrite*. — Cristaux isolés, fréquents dans les marnes triasiques (maclé de Lurdé), crétacées, tertiaires; dans les gypses métamorphiques, dans les gisements d'hématite.

(20). *Cobaltine*. — La collection renferme de jolis cristaux isolés rappelant ceux de Tunaberg, indiqués comme provenant d'Oran sans plus de précision.

(30). *Cinabre*. — En poudre vermillon dans les fentes des grès éocènes; en masses d'un rouge foncé dans les gîtes de stibine, de blende et de galène.

(33). *Chalcopyrite*. — Groupements à axes parallèles de nombreux cristaux de l'Oued Allelah.

Boulangérite, compacte.

(37). *Panabase*. — Nombreux et beaux cristaux de panabase arsénicale.

(41). CHLORURES. — Halite (Sel gemme) transparente des Rochers de Sel.

FLUORURES. — *Fluorine*. — Gros cristaux cubiques dans gisements plombifères.

OXYDES. — (49). *Senarmontite*; géodes de gros cristaux et cristaux isolés dans argile. Série unique.

(49). *Valentinite*. — Beaux échantillons formés par la réunion de gros sphérolites fibrolamellaires.

(50). *Quartz*. — Cristaux bipyramidés des argiles triasiques. Cristaux riches en faces, des fentes des schistes cristallins de Bône.

(65). *Hématite*. — Jolis rhomboèdres isolés, souvent maclés par rotation autour de l'axe ternaire, des gisements gypseux. Cristaux tabulaires des gisements d'hématite.

(68). *Cuprite* octaédrique.

HYDROXYDES. — (70). *Manganite* et *ranciéite*. *Limonite* fibreuse des gisements ferrifères. *Randannite*.

CARBONATES. — (76). *Calcite*: belle série de cristaux et stalactites cristallines des fentes des cipolins d'Alger; cristaux des mines de fer et de zinc. *Onyx* d'Oran.

(80). *Dolomite*. Beaux cristaux isolés des Rochers de sel.

(81). *Ankérite*. Cristaux selliformes des gisements cuivreux.

(82). *Giobertite*. Cristaux noircis par des inclusions carbonneuses dans calcaires et dans argiles triasiques.

(82). *Smithsonite* stalactiforme de couleur et d'aspect variés.

(84). *Sidérite*. Cristaux riches en faces, épigénisés en limonite des gisements ferrifères.

(85). *Ctypéite*. En pisolites polyédriques des travertins d'Ham-mam Meskoutine.

(86). *Aragonite* stalactiforme et concrétions bleues (*mossotite*) des gisements cuprifères.

(88). *Cérusite*. Série de beaux cristaux, avec notamment macles en cœur, des gisements plombifères et zincifères.

(90). *Hydrozincite* stalactiforme.

Chessylite.

(93). *Dawsonite*. Des fentes des grès crétacés. Ces sphérolites de ce minéral rare rappellent ceux de Toscane.

(97). SULFATES. — *Anhydrite* laminaire du Trias.

(99. 100). *Barytine*, *célestite* (cristaux bleus), *anglésite*.

(104). *Jarosite* et (105) *brochantite*.

(107). *Gypse*. Grosses lentilles maclées suivant $a\frac{1}{2}$ du Miocène supérieur en très gros cristaux (Voir Sahara).

(109). *Connellite*. Échantillon unique de ce rare minéral.

(113). MOLYBDATES. — *Wulfénite* de Sidi Bouman, en cristaux petits, mais très nets.

ALUMINATES ET FERRITES. (116). — *Chromite*, en masses gre-nues dans serpentines.

Magnétite. (117). En jolis octaèdres, dans roches à dipyre du Trias. Minerai compact de Mokta el Hadid.

ANTIMONITES (120). — *Nadorite*; belle collection de géodes de ce minéral spécial à un gisement algérien. Cristaux intacts ou bien transformés en bleiniérite, avec cristaux de cérusite, de *roméite*.

PHOSPHATES, ARSÉNIATES, VANADATES. — Jolie série de cris-taux de (124) *pyromorphite*, (125) *mimétite*, *endlichite*, *vanadinite* dans calcaires jurassiques corrodés.

(126). *Adamite*.

(126). *Descloizite*.

(131). *Minervite* des grottes phosphatées.

(133). *Scorodite*, en beaux cristaux, et *dussertite*, minéral nou-veau, spécial à l'Algérie, décrit par M. Barthoux.

(133). *Stibiconite* et *bleiniérite*.

(133). *Flajolotite*, antimoniate de fer, spécial à un gisement algérien.

Pharmacosidérite.

(137). *Collophanite* et *quercyite* des grottes phosphatées; *collo-phanite* des gisements sédimentaires.

Pitticite.

SILICATES. (141). — *Calamine*, cristaux de divers gisements calaminaires; ceux de l'Ouarsenis sont remarquables par leurs grandes dimensions.

(142). *Andalousite, sillimanite, disthène* des schistes cristallins d'Alger.

(144). *Datholite* en cristaux nets dans andésite.

(147). *Tourmaline magnésienne* verte (prétendue émeraude d'Algérie), jaune, dans calcaire triasique métamorphique.

(148). *Ilvaïte*, en cristaux nets, associés à *andradite, bustamite*, dans filon d'hématite.

(154). *Willémite*. — Jolis cristaux associés à la calamine.

(157). *Andradite*, variété *topazolite*, associée à l'ilvaïte.

(157). *Spessartite* en trapézoèdres, dans lithophyses de rhyolite.

(159). *Prehnite* concrétionnée dans ophite.

Leuchlenbergite dans calcaires triasiques.

Kaolinite, en paillettes, d'un gisement de blende.

(169). *Augite* et *hornblende* basaltique, en cristaux isolés dans tufs volcaniques.

Asbesle dans ophite.

Rhodonite dans filon de quartz.

Dipyre des gisements triasiques.

(185-189). *Zéolites* variées (*mésotype, mésolite, stilbite, analcime*) des basaltes.

(186). *Apophyllite*, en gros et beaux cristaux dans cavités d'andésite.

Copalite, en nodules dans les calcaires phosphatés de la région de Tébessa.

III. — LITHOLOGIE

Je ne signalerai ici que les roches triasiques ou tertiaires. Les *dolérites*, décrites par Louis Gentil sous le nom d'*ophite*, sont généralement ouralitisées et présentent des phénomènes de dipyrisation, rappelant ceux des Pyrénées. La roche que j'ai décrite, dès 1889, sous le nom de *diorite à dipyre* est une de ces ophites entièrement recristallisée. Dans les argiles triasiques, se trouvent parfois des blocs de ces roches à dipyre et amphibole remarquablement écrasés.

J'ai achevé une étude des roches éruptives tertiaires d'Algérie accompagnée de plus de cent analyses chimiques complètes : elle n'a été que partiellement publiée.

Ces roches comprennent : 1^o une série plus potassique que sodique, comprenant des *granites*, à la limite des *granites alcalins*, des *granites monzonitiques* et leurs formes *microgranitiques*, con-

tenant quelquefois de la cordiérite, divers types de *rhyolites*; à signaler encore, près de Cherchell, des *monzonites quartzifères* et une *kentallénite*, au contact desquelles M. L. Glangeaud a observé de curieux phénomènes de métamorphisme dans les assises tertiaires.

2° Une série plus sodique que potassique comprenant des *granodiorites* et des *microgranodiorites*, renfermant parfois aussi de la cordiérite, et surtout une très riche série de *dacites* et surtout de *dacitoïdes oligoclasiques, andésiniques, labradoriques* : ce sont là les andésites des auteurs antérieurs. Il n'existe qu'un petit nombre de véritables *andésites* et de *basaltes*, généralement très altérés et riches en zéolites.

Dans la vallée de la Tafna, sur la frontière du Maroc, se trouve un centre volcanique, où l'on avait cru voir autrefois des laves à leucite. J'ai montré que ce sont, en réalité, des *léphrites* et des *basanites analcimiques*; parmi elles se rencontrent des *ghizites*, forme hétéromorphe dépourvue de plagioclase. Ces roches, que l'on croyait très potassiques, sont en réalité les plus sodiques des laves algériennes. A l'île Rachgoun, les tufs de ces basanites sont riches en enclaves homoeogènes de composition variée.

PRINCIPAUX DONATEURS. — M. le Gouverneur général Steeg, MM. Barthoux, Brive, Charcot, Jacques Curie, Dalloni, Dangeard, Delage, Flamand, E. Gautier, L. Gentil, Giraud, L. Glangeaud, Renou, Savornin, Pierre Termier, Vélain, Welsch.

BIBLIOGRAPHIE

Azéma (L.).

1. Contribution à l'étude des minéraux algériens. *B. S. F. M.*, XXXVII (1914), p. 124-129.

Barthoux (J.).

2. Minéraux du Djebel Debar, et leur genèse. *B. S. F. M.*, XLVIII (1925), p. 99-115.
3. Quelques minéraux de Constantine. *B. S. F. M.*, XLVIII (1925), p. 246-251.
4. Quelques minéraux de la province de Constantine. *C. R. Congrès des Sociétés savantes*.
5. Description d'un minéral nouveau : la dussertite. *C. R.*, CLXXX (1925), p. 299-301.

Des Cloizeaux (A.).

6. Note sur les formes cristallines de la nadorite. *C. R.*, LXXIII (1871), p. 81-83 et *Ann. Mines* (6) XX (1871), p. 32-34.

Gentil (Louis).

7. Sur un gisement d'apophyllite des environs de Collo. *B. S. F. M.*, XVII (1894), p. 11-28.
8. Sur un gisement de datholite en Algérie. *B. S. F. M.*, XVII (1894), p. 85-87.
9. Sur un gisement de grenat mélanite en Algérie. *B. S. F. M.*, XVII (1894), p. 269-272.
10. Sur un gisement de sillimanite dans le massif d'Alger. *B. S. F. M.*, XVIII (1895), p. 169-170.
11. Sur quelques zéolites d'Algérie. *B. S. F. M.*, XVIII (1895), p. 374-376.
12. Matériaux pour la minéralogie de l'Algérie. *B. S. F. M.*, XVIII (1895), p. 399-409; XIX, (1896), p. 22-28; XX (1897), p. 210-219.
13. Sur les gypses métamorphiques de l'Algérie. *C. R.*, CXXII (1896), p. 958-959.
14. Sur l'âge des éruptions ophitiques de l'Algérie. *C. R.*, CXXII (1896), p. 1014-1017.
15. Le volcan andésitique de Tifarouine (Algérie). *C. R.*, CXXX (1900), p. 796-798.
16. Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie). *Thèse de doctorat*. — Alger, (1902), p. 1-536, 2 pl. et 3 cartes géol., *Lithologie* p. 378-456 et p. 467-494.

Lacroix (A.).

17. Minéralogie de la France et de ses Colonies (1893-1913). (De nombreux minéraux algériens sont décrits dans cet ouvrage sans avoir fait l'objet de notes spéciales la seule liste des gisements étudiés constitue les pages 380 à 401 du tome V.)
18. Contribution à l'étude des gneiss à pyroxène et des roches à wernérite (thèse du doctorat ès sciences). *B. S. F. M.*, XII (1889), p. 83-360 avec 62 fig. et 2 pl. (Algérie, p. 167-170).
19. Sur la willémite d'Algérie et du Congo. *B. S. F. M.*, XXIII (1900), p. 255-257.
20. Sur quelques vanadates des environs de Saïda (Oran). *B. S. F. M.*, XXXI (1908), p. 44-46.
21. Sur l'existence de la connellite en Algérie, *B. S. F. M.*, XXXIII (1910), p. 33-34.
22. Les laves analcimiques de l'Afrique du Nord et, d'une façon générale, la classification des laves renfermant de l'analcime; *C. R.*, CLXXVIII (1924), p. 259-535. — *Bull. volcanologique* (1927).
23. Les caractères chimico-minéralogiques des roches intrusives et volcaniques tertiaires de l'Afrique du Nord. *C. R.*, CLXXXV (1927), p. 573-576. — *Bull. volcanologique*, n° 13-14 (1927), p. 3-8.
24. Les basanites et basaltes analcimiques d'Algérie et du Maroc. *Bull. volcanologique*, n° 2 (1924), p. 199-206.
Voir : *Météorites*.

Ungemach (M.).

25. Notes cristallographiques sur la pyrite de différents gisements français. *B. S. F. M.* XXXIX (1916), p. 213. (Azouar près Bougie p. 225-226).

III. — MAROC

Bien qu'il ait déjà fait l'objet de nombreux travaux géologiques, le Maroc est encore très imparfaitement connu au point de vue minéralogique, ce qui s'explique par la date récente de la pénétration française.

Les *Formations sédimentaires* y prédominent, mais moins qu'en Algérie, on y retrouve les mêmes termes stratigraphiques que dans celle-ci, mais, en outre, les formations paléozoïques y jouent un rôle important; dans l'Afrique du Nord, c'est au Maroc que les systèmes cambrien, ordovicien, gothlandien sont représentés par des fossiles caractéristiques.

Le Trias y possède les mêmes particularités lithologiques qu'en Algérie.

Les *roches intrusives* sont assez localisées, les roches volcaniques plus disséminées. Dans la Meseta sont connus des *granites* et *microgranites* avec intéressantes auréoles métamorphiques dans schistes et calcaires, avec des dykes de *microgranites*, de *dolérites*, puis des épanchements de *rhyolites*, d'*andésites* et de *dacites*, de *phonolites*. Dans le Moyen et le Haut Atlas, *granites* et *gabbros*, *andésites* et *rhyolites* et nombreuses éruptions pliocènes et pleistocènes, de laves basaltiques, avec parfois appareils volcaniques bien conservés (L. Gentil). A signaler dans l'Anti-Atlas, le grand volcan du Siroua, étudié par Louis Gentil, géologue qui a joué un rôle importante dans la découverte de tout ce qui concerne le volcanisme au Maroc; ce volcanisme est partout complètement éteint.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

La principale richesse du sol du Maroc, et elle est grande, consiste dans ses *gisements phosphatés*. Tous les autres produits qui vont être passés en revue ne constituent guère que des espérances pour l'avenir.

a) *Gisements métallifères.*

Fer. — Minerais oolitiques (limonite) dans les formations primaires.

Manganèse. — Dans les sédiments d'âge varié, et notamment dans les calcaires jurassiques (Bou Arfa) se trouvent des gisements manganésifères et ferrifères (*pyrolusite*).

Plomb et zinc. — Filons dans le granite; filons, interstratifiés ou non, dans les terrains anciens, dans le Lias et le Jurassique (galène, blende, etc. et minéraux résultant de leur oxydation).

Cuivre. — Indices dans les terrains paléozoïques, le granite, etc.

Étain. — Veines de quartz stannifère dans granites et schistes métamorphisés par eux (Oulmes).

Vanadium. — Dans le gisement plombifère du Djebel Mahser, la vanadinite existe en telle quantité qu'elle constitue un véritable minerai de vanadium.

Molybdène. — Petit gisement exploité dans une grenatite de contact du granite et décrit par Courtin.

b) *Gisements minéraux non métallifères.*

Phosphates. — D'immenses gisements sédimentaires sont exploités dans le Crétacé supérieur ou la base de l'Éocène (un million et demi de tonnes en 1929). Le minerai est la *collophanite* : elle se rencontre à plusieurs niveaux sous forme de fragments d'os, de dents, de nodules, de grains, de coprolites englobés dans un ciment calcaire; le phosphate riche est constitué par un sable incohérent, résultant, sans doute, du lavage par les eaux souterraines de calcaires phosphatés pauvres.

Sel. — Gisement de sel triasique au N.-E. du Figuig.

Graphite. — Le graphite abonde dans les calcaires et les schistes métamorphisés par le granite.

Charbons. — De petits bassins houillers ont été prospectés, fournissant l'*anthracite* (Djerada) ou la *houille demi-grasse* (le Guir).

Pétrole. — De nombreux suintements ou imprégnations de pétrole dans des sédiments sont prospectés qui ont fait l'objet d'ardentes discussions au sujet de l'âge des couches pétrolifères; ils ont été attribués, suivant les auteurs, à divers niveaux du Trias au Miocène.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Graphite. — Dans les calcaires et schistes métamorphisés par le granite, le graphite est très finement cristallin; il colore en noir les minéraux métamorphiques.

(12). *Molybdénite.* — C'est encore un contact granitique qui a fourni de très beaux échantillons de *molybdénite* laminaire, englobés dans une grenatite à grossulaire.

(17). *Pyrite.* — Les cristaux de ce minéral sont très abondants dans les schistes anciens, dans les argiles du Trias, etc. Peut-être

est-ce de ce dernier type de gisement que provient un gros octaèdre présentant la macle du spinelle, très rare dans la pyrite.

(34). *Chalcostibite* (wolsbergite). — M. Ungemach a décrit d'énormes cristaux de ce minéral rare formant de petits amas dans des grès ordoviciens.

(61). *Cassitérite*. — Le gisement stannifère d'Oulmes a fourni de fort beaux cristaux de ce minéral.

(71). *Gaëthite*. — Cristaux dans géodes quartzeuses.

Pyrolusite. — De jolies aiguilles de pyrolusite tapissent les cavités du minerai manganésifère de Bou Arfa, du Djebel Mahser.

(113). *Wulfénite*. — De magnifiques cristaux orangés de ce minéral ont été trouvés par M. Barthoux au Djebel Mahser; ils tapissent les fentes d'un calcaire dolomitique.

(125). *Vanadinite*. — C'est dans ce gisement que le même minéralogiste a trouvé d'admirables géodes de cristaux de vanadinite atteignant individuellement 3 cm. × 1 cm. 5. Ces cristaux bruns, à surface brillante, sont certainement les plus beaux qui aient jamais été décrits. Notre collection en possède une superbe série.

(137). *Collophanite*. — Les phosphates du Maroc paraissent être toujours colloïdes, avec les aspects extérieurs indiqués plus haut.

Les contacts granitiques fournissent de beaux échantillons de *grossulaire*, d'*idocrase*, d'*épidote*, de *wollastonite*.

(164). *Magnésite brune* (Savon du Maroc, 'ghassoul), utilisée dans les bains indigènes et exportée pour divers usages. M. Barthoux a trouvé son gisement dans des marnes gypseuses à silex.

III. — LITHOLOGIE

Mon ancien élève, le regretté Louis Gentil, s'étant spécialisé dans l'étude du Maroc, je me suis abstenu de faire entreprendre autour de moi et d'effectuer moi-même des recherches lithologiques sur ce pays et je lui ai communiqué les documents reçus par mon laboratoire. Par réciprocité, il nous a donné quelques-unes des roches intéressantes recueillies par lui. Depuis sa mort prématurée, j'ai fait faire des analyses d'un certain nombre de roches marocaines dont la plus grande partie est restée inédite.

D'énormes épanchements de roches basaltiques (basaltes, dolérites) se sont produits au cours du Permo-Trias dans tout le Maroc et notamment (Henri Termier) dans le Maroc central, le Causse pré-atlasique, le Moyen Atlas); leur décomposition a donné les terres noires (*tirs*) renfermant des nodules de quartz, calcédoine, etc.

Les *ophites* triasiques ont les mêmes caractères qu'en Algérie, le pyroxène en est souvent la pigeonite. Dans les argiles du R'arb (Maroc occidental), elles sont accompagnées de blocs d'une roche à structure miarolitique, formée d'albite, actinote, épidote, clinocllore, sphène, rutile qui a été étudiée par M. Abrard; c'est ce que j'appelle une *épisyénite*, résultant probablement de la transformation d'une ophite.

Je me suis attaché surtout à l'analyse des roches volcaniques récentes. J'ai montré que les laves basaltiques de la région d'Oudjda sont très analogues à celles de la vallée de Tafna, en Algérie; elles comprennent, en particulier, des *basanites* et des *scanoïles*; j'ai nommé ainsi des basanites analcimiques cryptomorphes dépourvues de feldspath.

Des *ankaratrites* se trouvent aussi très au Sud dans le Maroc oriental, à Tigri (N.-W. de Figuig) et à Ben Ardjam.

Dans la Meséta (vallée de la Moulaya), le volcan de Taourir-Taberichent construit sur un socle de granite, le plateau de Ment, a fourni des *phonolites* à haÿyne, des *basanitoïdes* et des *ankaratrites*. M. Delhaye m'a remis des échantillons de pegmatitoïdes formant des veines dans ces dernières: elles sont comparables à celles de Barceire (Puy-de-Dôme) et comprennent un type mésocrate qui est une *fasinite* doléritique, à néphéline conservée, et un type leucocrate dont les éléments blancs sont entièrement transformés en christianite. Cette observation est intéressante, en ce qu'elle permet d'interpréter deux roches de la région de Mestigmer que M. L. Duparc a appelée *ainouite* et *mestigmérîte*. Elles correspondent minéralogiquement aux deux roches précédentes, mais elles renferment, en outre, de la biotite et tous leurs minéraux blancs originels sont décomposés.

Dans la Meséta marocaine, comme aussi dans le Moyen Atlas et le Causse pré-atlasique, au Sud de Meknès, il existe des volcans basaltiques (basaltes et basanitoïdes, avec ou sans haÿyne) étudiés notamment par M. Bourcart, mais, en outre, M. Henri Termier a signalé des coulées, d'âge pléistocène, constituées par de nombreux types d'*ankaratrites* (néphéliniques, mélilitiques, limburgitiques), souvent riches en haÿyne. Certains de ces types sont à comparer à ceux du Cap Manuel à Dakar. Il faut signaler des phonolites, souvent à haÿyne, très localisées. La lave du volcan du Tioursit est noire, riche en haÿyne; sa composition chimique peut être comparée à celle de la phonolite mésocrate de Rarotonga (archipel de Cook), à laquelle j'ai donné le nom de *murite*.

Dans la région d'Oulmes, L. Gentil a trouvé jadis une *phonolite néphélinique et leucitique*, à feldspaths peu apparents, qui rappelle certains types de l'Eifel, mais la profonde zéolitisation de la leucite en a modifié la composition chimique.

On voit par ce rapide aperçu que la richesse en alcalis, manifestée dans les laves quaternaires de l'Est du Maroc s'accroît dans le Maroc central et occidental et il y a là certainement matière à recherches intéressantes, d'autant plus que, comme dans l'Oranie, il existe aussi dans ces mêmes régions, près de Khenifra, par exemple, des *dacitoïdes à hypersthène* très analogues à celles que M. Henri Termier a trouvées, en filons dans le Carbonifère (Ad. de Ziar).

Dans la région de Rich (Haut Atlas) ont été recueillies par M. Solignac des *syénites néphéliniques à amphibole* et une *shonkinite monzonitique*. Ces roches intrusives se trouvent dans le Bajocien.

Rappelons en terminant dans l'Anti-Atlas le volcan de Siroua où L. Gentil a trouvé des *phonolites*, des *trachytes à plagioclases et biotite*, etc., dont M. Bourcart nous a communiqué des échantillons.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. Barthoux, Bourcart, Courtin, Delhaye, Dollfus, L. Duparc, Louis Gentil, Pierre Marie, Solignac, Henri Termier, Ungemach.

BIBLIOGRAPHIE

Abrard (R.).

1. Sur une épisyénite à clinocllore de Souk el Arbâa du R'arb (Maroc occidental). *B. S. F. M.*, XLIII (1920), p. 244.
2. Sur quelques roches éruptives de R'arb (Maroc occidental). *B. S. F. M.*, LXIV (1921), p. 57-59.

Barthoux (J.).

3. Minéraux de la région d'Oudjda (Maroc). *C. R.*, CLXXV (1922), p. 312-314.
4. Notes de métallogénie marocaine (*Manganèse, magnésite*). *Ann. Mines*. Paris (12), (1923), p. 261-275.
5. Les massifs du Djebilet et du Rehamna (Maroc). *C. R.*, CLXXIX (1924), p. 504-506.
6. Métamorphisme de contact dans le Djebilet et le Rehamna (Maroc). *C. R.*, CLXXIX (1924), p. 832-835.
7. Description de quelques minéraux marocains. *B. S. F. M.*, XLVII (1924), p. 36-45.
8. Quelques minéraux du Maroc. *B. S. F. M.*, XLVIII (1925), p. 226-235.

Gaubert (P.).

9. Sur un cristal de pyrite maclé suivant la loi des spinelles. *B. S. F. M.*, LI (1928), p. 211-212.

Lacroix (A.).

10. *Minéralogie de la France et de ses Colonies.* (Toutes mes observations sur les minéraux du Maroc sont consignées dans cet ouvrage).
11. Cf. la note 24 de la Bibliographie de l'Algérie.

Termier (Henri).

12. Sur les ankaratrites du Maroc central. *C. R.*, CLXXXVII (1928), p. 351-353.

Ungemach (M.).

13. Sur un remarquable gisement de chalcostibite au Maroc. *C. R.*, CLXIX (1919), p. 918-919.
-

VII

AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE ET TOGO

Nos vastes possessions de l'Afrique occidentale comprennent les gouvernements suivants : Mauritanie, Sénégal, Guinée, Côte d'Ivoire, Dahomey et enfin, dans l'intérieur des terres, le Soudan, la Haute Volta et le Niger. Géographiquement et géologiquement il faut y rattacher le Togo, territoire sous mandat français.

Dans cet exposé, je détacherai de cet ensemble la région saharienne désertique soudanaise et nigérienne qui sera traitée dans un paragraphe spécial (p. 92).

Mon ancien élève, M. Henry Hubert, à l'aide de ses observations personnelles et de celles des géologues qui l'ont précédé, a dressé la première Carte géologique de l'Afrique occidentale. Les grandes divisions qui suivent sont celles qu'il a adoptées.

Schistes cristallins. — Ce sont surtout des orthogneiss, accompagnés de paragneiss, de micaschistes, les plus largement représentés entre Tabou, Timbo, Zagnanado et Niamey. Les accidents calcaires y sont très rares.

Formations sédimentaires métamorphiques. — Les schistes cristallins sont associés à une *série schisteuse azoïque redressée* dans laquelle trois termes doivent être distingués : 1° des *schistes* (schistes micacés et phyllades dominantes), formant souvent des bandes très étroites par rapport à leur longueur; ils constituent le Birrimien des géologues de la Gold Coast : 2° des *brèches métamorphiques*, très développées en Gold Coast et localisées chez nous au Sud de Bondoukou (Côte d'Ivoire) (Tarkwaien de la Gold Coast, assimilé par les Anglais à la série du Witwatersrand de l'Afrique du Sud), et enfin 3° des *quartzites* (assimilés par les Anglais à la série de Prétoria).

Les schistes cristallins et la série schisteuse azoïque présentent des mouvements concordants dont l'allure générale est donnée par la chaîne de l'Atakora (Dahomey).

Sur cette série schisteuse redressée reposent de puissants *dépôts horizontaux* ou *subhorizontaux* formant une série continue du Silurien au Carbonifère.

Ils consistent essentiellement en *grès*, associés à des *pélites*, et

exceptionnellement à des *calcaires marmoréens*. Du *Carbonifère marin* est connu seulement dans la région saharienne et dans la Gold Coast.

Enfin il faut signaler une *Série sédimentaire plus récente*, gréseuse et calcaire, allant du Crétacé au Pléistocène. Elle est surtout développée dans les parties centrales et périphériques de l'Afrique occidentale.

Roches éruptives. — De nombreux petits massifs et filons de *granite* sont surtout développés dans la région des schistes cristallins. Les plus récents sont postérieurs aux grès horizontaux.

Une série de *gabbros-péridotites* paraît plus récente; elle comprend des *gabbros*, des *péridotites* et des *dolérites*, prédominantes surtout en Guinée, ces dolérites s'observent particulièrement au milieu des grès; mais on les trouve aussi associées à des roches microlitiques variées (*trachytes*, *dacites*, *andésites*, *basaltes*) au milieu des schistes micacés de la Boucle du Niger; ils y ont subi des déformations mécaniques puissantes.

C'est par erreur qu'un trachyte à sodalite a été signalé dans le Soudan français. Il s'agit d'une roche apportée des Canaries pour d'anciennes constructions

Dans la région tropicale humide de l'Afrique occidentale, la *latéritisation* est intense.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

L'*or* et aussi le *sel* dont il est question p. 92 dans le paragraphe consacré au Sahara, sont les seuls produits du sous-sol actuellement exploités. Ce n'est pas qu'il manque d'autres ressources minérales, mais jusqu'ici les conditions économiques n'ont pas permis leur exploitation.

Or. — M. Henry Hubert a coordonné les conditions dans quoi se rencontrent les nombreux gisements d'or connus dans l'A. O. F. Là où dominant les gneiss et le granite, comme au Dahomey (type dahoméen de M. Hubert), il n'existe pas de gisements aurifères. Par contre, on en connaît de nombreux dans les régions de *schistes redressés*, qu'ils soient accompagnés par des dolérites intactes (type guinéen) ou par des dolérites transformées en schistes amphiboliques et accompagnées de diverses roches volcaniques, elles-mêmes transformées (type soudanien). Dans les deux cas, le métal précieux ne se trouve en place que dans la série métamorphique et jamais dans les grès horizontaux qui la surmontent.

Parfois le métal jaune s'observe dans les schistes eux-mêmes ou dans des microgranites (Bambouk), mais, d'ordinaire, il ne se

rencontre, avec pyrite, que dans de très nombreuses et très minces veinules de quartz interstratifiées; c'est là une analogie avec Madagascar. Parfois cependant on les voit couper les schistes (Côte d'Ivoire). Tous ces gisements sont profondément latéritisés et dans le Bambouk (région de la Falemé), M. Arsandaux a signalé une concentration de l'or natif très fin à la base de la zone d'altération des schistes.

En général, l'or est surtout exploité par les indigènes, dans les roches précédentes latéritisées et surtout dans les alluvions.

Fer. — De grands gisements de magnétite se trouvent dans les quartzites redressés (Guinée, Côte d'Ivoire); il en existe aussi (titanifères) à la périphérie de massifs de gabbros (Dahomey et Haute-Volta) et au contact de calcaires et de roches éruptives (Soudan).

Des gisements d'hématite se rencontrent dans la série des sédiments métamorphiques du Togo et dans les grès de Kayes-Diamou (Soudan). Le minerai superficiel, exclusivement exploité par les indigènes, est la limonite latéritique. Celle de la région de Conakry a fait l'objet de concessions européennes.

Manganèse. — Des gisements de pyrolusite et de psilomélane sont connus dans les quartzites de la Côte d'Ivoire; ils résultent de la décomposition d'un grenat riche en manganèse. De grands gisements ont été signalés aussi au Soudan français et notamment au Nord de la boucle du Niger.

Titane. — Des sables volcaniques, riches en ilménite, sont exploités sporadiquement sur la Petite Côte (Sénégal).

Chrome. — Il existe des gisements de chromite dans les serpentines de divers points du Togo.

Bauxite. — Des demandes de recherches ont été faites sur des latérites pauvres en fer, notamment aux îles de Los.

Phosphates. — Des phosphorites existent au Sénégal, au Dahomey, dans des calcaires éocènes.

Sel. — Sur la côte de la Mauritanie sont exploitées des sebkhas, étangs littoraux, séparés de la mer par des dunes. (Voir plus loin à Sahara.)

Bitume. — Des suintements de bitume ont été observés dans les sables au Nord d'Assinie (Côte d'Ivoire).

Jaspe. — Les jaspes rouges sont recherchés par les indigènes à Kirtachi (Dahomey) et exploités par eux pour l'ornementation.

Alunogène. — Comme curiosité minéralogique, il y a lieu de signaler, avec M. Hubert, l'emploi fait par les indigènes de ce minéral comme condiment !

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Ce n'est guère que dans un intérêt de statistique que je signalerai quelques-uns des minéraux trouvés dans la Colonie, car ils ne présentent qu'un médiocre intérêt scientifique.

Diamant. — Ce minéral a été signalé dans les alluvions de la Côte d'Ivoire.

Or. — L'ornatif, dont il a été question plus haut, titre en moyenne 935 0/0 du métal précieux. Dans la région d'Akrisi (Côte d'Ivoire), il est accompagné de petites mouches d'un tellurure, la *sylvanite* (31).

Le *rutile* existe en gros cristaux dans la région gneissique du Dahomey.

Opale de feu dans fentes de granites, gros cristaux de *zircon* enclavés dans le basalte (Les Mamelles près Dakar).

La *barytine* forme de gros filons dans les quartzites et les calcaires cristallins (Sénégal et Soudan).

Le *gypse*, en cristaux, est assez fréquent dans les sédiments crétacés et éocènes. Gros cristaux dans les sebkhas de la côte de la Mauritanie, avec *soufre* de réduction.

Chromite. — La chromite assez alumineuse de la Côte d'Ivoire est finement grenue; elle est fréquemment associée à un *clinocllore* chromifère violacé.

La *monazite* n'est pas rare dans les alluvions aurifères en très petits grains jaunes roulés.

L'*autunite* a été rencontrée en paillettes dans des pegmatites de la Côte d'Ivoire.

Grandes lames de *muscovite* dans pegmatites (Côte d'Ivoire et Dahomey).

Le *disthène*, la *staurotide*, l'*almandin*, en cristaux nets, abondent dans certains micaschistes du Dahomey et de la Côte d'Ivoire.

Le grenat manganésifère des gisements dont il a été question plus haut est un *almandin-spessartite*.

La *prehnite* en croûtes concrétionnées se trouve dans des dolérites avec albite, sphène, épidote, *chabasie* (Guinée).

L'*hypersthène*, la *pigeonite*, le *diallage*, la *cummingtonite* et l'*amphibole bleue* des quartzites à magnétite ne se trouvent qu'en grandes plages dépourvues de formes géométriques.

III. — LITHOLOGIE

De nombreuses collections de roches provenant de toutes les régions de la Colonie ont été étudiées dans le laboratoire; j'en ai recueilli moi-même une partie à travers la Guinée et dans quelques

points du Sénégal et du Soudan. Il ne sera question ici, pour chacune des Colonies, que du petit nombre de types présentant un réel intérêt.

Toute l'Afrique occidentale française, à l'exception de la région saharienne, présente une grande homogénéité lithologique. C'est une province calco-alkaline, parfaitement définie, qui tranche d'une façon radicale avec celle formée par les petites îles de Los; celles-ci, en effet, ne renferment que des roches alcalines, et même hyperalkalines, sodiques, présentant presque toutes un déficit de silice; ce sont donc des roches à feldspathoïdes. Je les traiterai à part. On verra plus loin que des roches alcalines existent aussi dans le Sahara soudanais et nigérien, mais elles sont isolées ou associées à des roches calco-alkalines, elles renferment généralement un excès de silice.

a) AFRIQUE OCCIDENTALE CONTINENTALE

Sénégal. — Le massif volcanique des Mamelles est constitué par des *basaltes* β compactes ou doléritiques : ces derniers existent à Gorée, à Rufisque. Le massif du Cap Vert fournit des types néphéliniques, *basanites* et *ankaraites méliilitiques* (Cap Manuel).

Guinée. — Les granites sont généralement monzonitiques, à l'exception d'un curieux granite akéritique que j'ai recueilli sur les bords du Niandan, près du pont du chemin de fer. Dans le Fouta Djallon, ces granites ont subi localement d'intenses phénomènes d'écrasement.

La série lithologique la plus intéressante de la Guinée est gabbroïque. Comme extrêmes, elle renferme des *péridolites* (dunites un peu pyroxéniques) au Kakoulima, des *gabbros* et des *norites*, souvent riches en olivine. Il existe surtout d'innombrables filons et sills et peut-être coulées de *dolérites* α et β . Ces roches sont caractérisées par la présence de la pigeonite et de remarquables associations micropériditiques de ce pyroxène et d'hypersthène. Elles renferment souvent de la micropegmatite ou de l'olivine. De grandes variations structurales les font passer, soit au gabbro, soit à des formes microlitiques. Quelques phénomènes de métamorphisme endomorphe et exomorphe ont été signalés (Hubert) au contact de grès calcaires. Toutes ces roches se retrouvent dans la Sierra Leone où elles ont été étudiées par M. Dixey.

Parmi les *schistes cristallins*, une mention est due à des *quartzites* à *magnétite*, localement riches en grands cristaux de cummingtonite et d'almandin et plus rarement d'une amphibole sodique

bleue du groupe de la rhodusite. Dans un seul gisement, ont été rencontrés de petits nodules renfermant des cristaux bleus de *lazulite*.

Côte d'Ivoire. — Il existe une série granitique et gabbroïque semblable à celle de la Guinée, mais il s'en trouve aussi une autre remarquable, rappelant celle de la *charnockite* de l'Inde; elle est caractérisée par l'*hypersthène* et la *pigeonite*. Elle comprend un *granite très leucocrate*, puis des *norites*, *quartzifères* ou non, riches en *pyroxène* et passant à des *hypersthénites*. Cette série, pauvre en chaux, riche en magnésie et en fer, se développe près et au delà de la frontière de la Guinée et du Libéria.

Deux roches hyperalcalines résultent des phénomènes de différenciation extrême, l'une du *granite monzonitique* : c'est le *granite à ægyrine et torendrikite* du Haut Baoulé, l'autre d'un *granite monzonitique* et d'une *monzonite à diopside*, c'est la *syénite à ægyrine et arfvedsonite* de Kinta.

Parmi les *schistes cristallins*, il y a lieu de noter, d'une part, des *quartzites à magnétite* se trouvant sur le prolongement de ceux de la Guinée et, d'un autre, des *quartzites à almandin-spessartite*, souvent assez pauvres en quartz pour constituer de véritables *grenalites*; ils sont très analogues à ceux connus dans la Gold Coast. Leur altération produit les gisements manganésifères signalés plus haut.

Dahomey. — Les collections recueillies par M. Hubert montrent que cette Colonie est privilégiée pour l'étude des déformations des granites sous l'influence des actions mécaniques; toute la gamme des pseudogneiss œillés, rubannés, etc., aboutissant à des mylonites compactes, s'y observe.

Le granite monzonitique de Lamma renferme des enclaves mica-cées présentant une structure curieuse (structure œillée) que j'ai décrite autrefois au lac Caillaouas dans les Hautes-Pyrénées et qui a été retrouvée depuis dans le granite de Stockholm. Elle est caractérisée par la présence, dans une roche très micacée, de petites taches circulaires, blanches, au milieu de quoi se voit une association ophitique de feldspath et de sphène jaune.

A Fita, se trouve un petit massif de *granite à riebeckite*, traversé par des filons de microgranite de même composition et qui est l'hornologue des roches hyperalcalines citées plus haut à la Côte d'Ivoire. La même roche est associée au granite à étain de la Nigéria.

Comme accidents intéressants des schistes cristallins, M. Hubert a trouvé un *cipolin à diopside et forstérite* et une *amphibolite feldspathique à scapolite*, un *schiste à fuchsile* au voisinage du granite.

Togo

Le territoire sous mandat du Togo a fourni à M. Arsандаux et à M. Kouriatéhy quelques types pétrographiques intéressants. Tout d'abord, des *péridotites* et des *gabbros*, originellement comparables à ceux de la Guinée, mais en différant en ce que les péridotites sont plus ou moins complètement serpentinisées et les gabbros généralement très transformés, alors qu'en Guinée les roches similaires sont minéralogiquement et structurellement intactes. Les serpentines ont une structure maillée, mais, sous l'influence d'actions mécaniques elles deviennent peu à peu schisteuses (développement d'antigorite lamellaire); les minéraux du groupe de l'antigorite et du chrysotile en beaux échantillons fibreux ou lamelleux sont fréquents et variés. C'est dans ces serpentines que se trouve la chromite aux dépens de quoi se forme la chlorite chromifère.

La transformation progressive des gabbros en schistes cristallins a fourni une riche série d'*éclogites*, d'*ortho-amphibolites* et d'*orthopyroxénites*, feldspathiques ou non, grenatifères ou non, de *grenatiles*, etc...

Parmi les autres schistes cristallins, on peut citer un *gneiss amphibolique feldspathique à scapolite*.

b) ILES DE LOS

Ce petit archipel, situé au large de Conakry, près de la côte de la Guinée, est formé par trois îles : Tamara (ou Fotabar), Kassa, Rouma et quelques îlots ou roches.

Cet ensemble est exclusivement constitué par des *syénites néphéliniques*, sodiques, sans rapport de composition avec les roches qui affleurent sur le continent voisin. Cependant le sable des petites plages des îles étant essentiellement quartzeux, il est à supposer qu'originellement ces syénites étaient associées à des roches granitiques ou gneissiques.

Depuis trente ans, je n'ai cessé d'étudier ces îles, que j'ai explorées moi-même; elles m'ont fourni une riche moisson minéralogique que je dois en grande partie à M. M.-J. Serand, qui a bien voulu continuer mes recherches sur le terrain.

Ces syénites néphéliniques se divisent en deux grands groupes :

Le premier, qui est le plus sodique, est formé par des *syénites à ægyrine*. Ses feldspaths sont des micropertthites de microcline et d'albite et l'albite en cristaux indépendants. A l'île de Rouma, la proportion de sodalite fluorescente est supérieure à celle de la

néphéline et devient parfois telle que la roche peut être comparée à la tawite du Groënland.

Dans cette même île, la lāvénite est presque aussi abondante que l'ægryrine; il existe en outre de l'*astrophyllite*, de l'*arfvedsonite*, de la *fluorine*, du *pyrochlore*, un peu de *biotite*, de *blende* et une cancrinite peu biréfringente que j'ai appelée *losite*; enfin un minéral d'une grande importance théorique, le fluorure de sodium pour la première fois trouvé dans la nature et que j'ai appelé *villiamite*.

A Kassa, des filons de syénite renferment des aiguilles d'ægryrine de 7 à 8 cm. implantés perpendiculairement à leurs épontes.

Dans le Nord de Tamara, se trouvent des filons à structure zonaire, très remarquables, d'une syénite fort riche en lāvénite (gros bloc poli au laboratoire).

Le second type est formé par une syénite néphélinique à plus gros éléments, un peu plus calcique, et qui n'est plus hyperalcaline; son feldspath est l'orthose sodique. Elle est caractérisée par la présence d'une *hornblende barkévicienne* noire, associée souvent à la biotite. Il existe aussi de l'augite. Parfois la néphéline est accompagnée ou remplacée par de la *haiÿne-noséane*. Cette syénite renferme un peu de plagioclases dont la proportion peut devenir assez grande pour que la roche doive être appelée *monzonite néphélinique*: une variété microgrenue à noséane et mélanite est particulièrement remarquable. Le feldspath dominant de ces syénites est l'orthose sodique. Des minéraux accessoires, parfois assez abondants, sont le *sphène*, le *zircon*, la *wöhlérile*, la *hiordahlite*, la *rinkite*.

Ces diverses syénites sont traversées par de nombreux filons: *aplites néphéliniques et sodalitiques*, *monchiquites*, *campionites*, *linguaïtes*, dont certaines renferment de la *rosenbuschite* ou de l'*eucoïlite*; les cristaux de cette dernière peuvent atteindre 2 cm. de diamètre. Enfin, il me faut signaler deux types lithologiques nouveaux que j'ai appelés la *tamaraitte* et la *lopsaïlite*.

Dans ce cortège se trouvent seulement deux roches dépourvues de feldspathoïdes, une *pulaskite* et une *micromonzonite*.

La caractéristique minéralogique la plus remarquable de cette série lithologique réside dans l'existence dans les deux types de syénites néphéliniques de *pegmatites* constituant non pas de véritables filons, mais des exagérations locales et irrégulières du grain de la roche, avec développement de magnifiques minéraux qui font des îles de Los un des plus remarquables gisements minéralogiques connus.

Les minéraux des pegmatites de la *syénite à hornblende* ne sont guère que les éléments normaux de la roche [néphéline (élcélite) (155), sodalite (156), hornblende (173), etc.], auxquelles il faut

ajouter la *hiortdahlite* (152) qui peut rivaliser avec celle du gisement norvégien, où a été découvert ce minéral.

Dans les *pegmatites à ægyrine* de Rouma, il faut signaler d'énormes cristaux d'*arfvedsonite* (174), d'*astrophyllite* (166), de *villiaumite* (41) de couleur carmin, d'*eucolite* rouge (183), parfois transformée en géodes de cristaux de *catapléite*; comme minéraux plus rares, le *leucophane* (167) qui n'était connu (182) que dans la région de Brevig, un minéral nouveau que je viens d'appeler la *sérandite* (171), etc.

Enfin, dans une carrière ouverte récemment à l'extrémité Nord de Kassa ont été trouvés quelques admirables cristaux de *villiaumite* d'un rouge vineux, d'énormes cristaux d'*analcime* (185) mesurant jusqu'à 7 cm. de diamètre, de *mésotype* (184), de *sérandite* (171), de *dialogite*, et des lames de *pyrophanite* (167), minéral qui n'était connu jusqu'alors qu'à Pajsberg, en Suède.

De très nombreux échantillons de tous ces minéraux sont exposés dans la galerie à leur place systématique : une vitrine spéciale a permis, en outre, de mettre en évidence leurs associations.

Cette collection, qui est unique, constitue l'une des richesses les plus remarquables de notre collection. Dans cet exposé, il ne m'a pas semblé utile de considérer à part le point de vue minéralogique et le point de vue lithologique, car ici ils se confondent complètement.

PRINCIPAUX DONATEURS. — M. le Gouverneur général Carde : MM. les Gouverneurs Ballay et Poiret.

MM. Arsандаux, Chevalier, Dropsy, Lucien Fourneau, Gaston Joseph, H. Hubert, Julian, N. Kouriatchy, A. Lacroix, Henri Lenfant, Pagé, Pobéguin, Salesses, M.-J. Sérand, Theveniaut, Villiaume.

BIBLIOGRAPHIE

Arsандаux (H.).

1. Sur les gîtes aurifères du massif de Khakhadian (Soudan occidental). *B. S. F. M.*, XXVII (1904), p. 81-86.
2. Sur un trachyte à noséane du Soudan Français. *C. R.*, CXXXVIII (1904), p. 163-165.
3. Sur la constitution géologique du massif de Khakhadian (Soudan français). *C. R.*, CXXXVIII (1904), p. 860-862.
4. Sur la chromite du Mont-Djéti, cercle d'Atakpamé (Togo). *B. S. F. M.*, XLVIII (1925).
5. Les roches anciennes du Togo. *C. R., Congrès Soc. Sav.*, Paris (1925), p. 371-378.
6. Sur l'origine des gneiss basiques du massif de Djabataouré (Togo). *C. R., Cong. Soc. Sav.* (1926) Poitiers.
7. Sur l'origine éruptive des gneiss basiques de Djabataouré (Togo). *C. R.*, CLXXXII, (1926), p. 708-710.

Aubert de la Rüe.

8. Sur quelques minéraux de la Côte d'Ivoire. *C. R.*, CLXXXIV (1927), p. 104-106.
9. Observations sur les gisements de manganèse de la Côte d'Ivoire. *B. S. F. M.*, LI (1928), p. 275-284.

Azéma (L.).

10. Roches de la Guinée française. *C. R. Congrès Sociétés savantes*, Paris 1912. [Fig. 13], p. 155-165.
11. Note sur la prehnite de la Guinée Française. *B. S. F. M.*, XXXVI (1913), p. 127-132.
12. Contributions à l'étude des roches de la Côte d'Ivoire et de la Haute-Guinée. *B. S. G. F.* (4), XIV (1914), p. 206.

Gaubert (P.).

12. Sur des objets taillés provenant de Tombouctou. *B. S. F. M.*, XLI (1918), p. 38-40.

Hubert (Henri).

13. Sur une série de roches provenant des rapides du Niger. *Bull. Muséum*, Paris (1903)
14. Sur quelques roches du centre africain. *Bull. Muséum* (1904), p. 412-416.
15. Sur les roches éruptives rapportées par la Mission Niger-Bénoué-Tchad. *C. R.*, CXXXIX (1904), p. 378-379.
16. Esquisse préliminaire de la Géologie du Dahomey. *C. R.*, CXLV (1907), p. 692-695.
17. Sur un massif de granite alcalin au Dahomey. *C. R.*, CXLV (1907), p. 764-765.
18. Sur la présence de gneiss à scapolite et de cipolins au Dahomey. *C. R.*, CXVII (1908), p. 242-243.
19. La carte géologique du Dahomey. *La Géographie* (1908), p. 349-368.
20. La géologie du Dahomey et des régions voisines de la boucle du Niger. *C. R., Congrès Soc. Savantes*, (1908), p. 328-340.
21. Mission scientifique au Dahomey. *Thèse de doctorat*, Paris, (1908), 568 p., 1 carte géol. au 1/250.000.
22. Observations sur la géologie du Soudan. *C. R., Soc. Géol. de France* (1911), p. 11-12.
23. Sur la constitution géologique de la plaine à l'est de la falaise de Bandiagara. *C. R. somm. Soc. Géol. France*, (1911), p. 55-57.
24. Sur un point de la géologie du Soudan. *C. R., Soc. géol. France* (1911), p. 57.
25. Les roches microlitiques de la boucle du Niger. *C. R.*, CLII (1911), p. 1606-1608.
26. Essai d'une carte géologique de l'Afrique occidentale. *C. R.*, CLIII (1911), p. 737-740.
27. Sur la forme parabolique des accidents du relief constitué par des roches cristallines acides en Afrique Occidentale. *C. R.*, CLIII (1911), p. 805-808.
28. Les mangeurs d'argile. — Æseulape (1911).
29. Sur les grès siliceux du Haut-Sénégal et Niger. *C. R. somm. Soc. Géol. France* (1912), p. 46-48.
30. Sur les gîtes aurifères filoniens de l'Afrique occidentale. *C. R.*, CLIV (1912), p. 1178-1180.
31. Description pétrographique d'échantillons de l'Afrique occidentale française. *J. Offic. de l'A. O. F.* (1912).

Hubert (Henri).

32. Sur les récentes observations concernant la géologie de l'Afrique occidentale française. *C. R. Soc. géol. France* (1913), p. 187-189.
33. Les coulées diabasiques de l'Afrique occidentale française. *C. R.*, CLIX (1914), p. 1007-1009.
34. Esquisse préliminaire de la Géologie de la Côte d'Ivoire. *C. R.*, CLX (1915), p. 245-247.
35. Espèces minérales de l'Afrique occidentale française. *Bull. Com. Et. Hist. et sc. Afr. occ. Franç.*, p. 49-62.
36. Esquisse préliminaire de la géologie du Sénégal. *C. R.*, CLXIV (1917), p. 184-186.
37. Limites des formations géologiques dans l'Ouest africain. *C. R. Soc. géol. France* (1917), p. 31-32.
38. Sur la géologie du Sénégal et des régions voisines. *C. R. somm. Soc. géol. France*, 1917.
39. Précisions concernant la géologie de l'Afrique occidentale. *C. R. somm. Soc. géol. France* (1917), p. 48-50.
40. Carte géologique au 1.000.000^e de l'Afrique occidentale française. Feuille 10, Bingerville (1917).
41. Les diabases du Fouta-Djallon et leurs phénomènes de contact. *C. R.*, CLX (1917), p. 434-437.
42. Sur la Géologie du Sénégal et des régions voisines. *Bull. Soc. géol. France* (1917), p. 103-108.
43. Itinéraires géologiques au nord du fleuve Sénégal. *C. R.*, CLXVII (1918), p. 167-170.
44. Limite des grès horizontaux en Afrique occidentale. *C. R.*, CLXVII (1918), p. 646-649.
45. La syénite du massif de Kinnta. *Bull. Com. Et. Hist. et sc. Afr. Occ. Franç.* (1918), p. 541-542.
46. Matériaux pour l'établissement de la carte géologique de l'Afrique occidentale. *C. R. Soc. géol. France* (1918), p. 160-161.
47. Le beurre de montagne, produit considéré comme comestible en Afrique occidentale. *Bull. Com. Et. Hist. et sc. Afr. Occ. Franç.* (1920), p. 172-176.
48. Carte géologique au 1.000.002 de l'Afrique occidentale française. Feuille 5 (Dakar) (1919).
49. État actuel de nos connaissances sur la géologie de l'Afrique occidentale française 2^e édition 1919.
50. Les roches à facies granitique associées aux diabases du massif de Doualé. *C. R.*, CLXX (1920), p. 666-668.
51. Nouveaux phénomènes de contact des diabases en A. O. F. *C. R.*, CLXXI (1920), p. 187-189.
52. Substances minérales utiles en Afrique occidentale. Paris, Larose (1922), et 1 carte en couleurs.

Kouriatchy (Nicolas).

53. Les gisements de serpentines et de chromite du Togo. *C. R.*, CXLII (1931), p. 1669-1672.
54. Contribution à la connaissance de la géologie du Congo. *Bull. Soc. géol. France*, I, (1931). (*Sous presse*).

Supplément 1931.

Lacroix (A.).

55. Minéralogie de la France et de ses Colonies. Cf. p. 10, n° 3. La liste de gisements étudiés de l'A. O. F. comprend les pages 405 à 413 du tome V.
56. Sur les roches éruptives basiques de la Guinée française. *C. R.*, CXL (1905), p. 410-413.
57. Résultats minéralogiques et géologiques des récentes explorations dans l'Afrique occidentale française. Conf. faite au Muséum le 11 mars 1905. *Revue Coloniale*, (1905), 31 p.
58. Les syénites néphéliniques des îles de Los (Guinée française). *C. R.*, CXLI (1905), p. 984-988.
59. Sur les facies de variation de certaines syénites néphéliniques des îles de Los. *C. R.*, CXLII (1906), p. 681-686.
60. Sur l'existence du fluorure de sodium [villiaumite] cristallisé comme élément des syénites néphéliniques des îles de Los. *C. R.*, CXLVI (1908), p. 213-216.
61. Sur l'existence à la Côte d'Ivoire d'une série pétrographique comparable à celle de la charnokite. *C. R.*, CL (1910), p. 18-22.
62. Les syénites néphéliniques de l'archipel de Los et leurs minéraux. *Nouv. Arch. du Mus.* (5), III, (1911), p. 1-132, 10 pl.
63. Les syénites néphéliniques de l'archipel de Los (Guinée). *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 5-44.
64. La constitution minéralogique de l'archipel de Los. *C. R.*, CLVI (1913), p. 653-658.
65. Les latérites de Guinée. *C. R.*, CLVIII, (1914), p. 835-838.
66. Notes sur quelques roches grenues de l'Afrique occidentale française. *Bull. Com. d'études Hist. et Scient. de l'Afrique Occid. Française*, n° de janvier-mars (1926), p. 38-51.
67. Les pegmatites de la syénite sodalitique de l'île Rouma (archipel de Los, Guinée française). Description d'un nouveau minéral (sérandite) qu'elles renferment. *C. R.*, CXCII, p. 189-194.
68. Les minéraux de syénites néphéliniques. à ægyrine du Nord de l'île Kassa. Les diverses phases pneumatolytiques des syénites néphéliniques. (Archipel de Los). *C. R.*, (1931), p. 1322-1326.

Orcel (J.).

69. Sur deux clinoclaires chromifères du Togo. *C. R.*, CLXXX (1925), p. 836-838.

Romeu (Albert de).

70. Sur les roches éruptives rapportées par Theveniaut de l'Adrar. *Bull. Muséum, Paris* (1907), p. 179-182.
 71. Échantillons géologiques rapportés de la Guinée et du Soudan français par M. Vuillet, inspecteur de l'agriculture coloniale. *Bull. Muséum, Paris* (1908), p. 139-140.
-

VIII

AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE ET CAMEROUN

Ce gouvernement général comprend les Colonies du Gabon, du Moyen Congo, de l'Oubangui-Chari et du Tchad, englobant la partie Nord du bassin du Congo, celui de l'Ogooué et une partie de la cuvette du Tchad. Il est coupé par l'équateur. Je m'occuperai page 92 de la partie désertique saharienne de cet ensemble, comprenant notamment les alentours du lac Tchad, le Kanem, le Tibesti, le Borkou et l'Ennedi.

Au point de vue géologique, il faut distinguer une partie ancienne pour la première fois étudiée scientifiquement par Barrat dans le Gabon. Elle comprend des *Schistes cristallins* (gneiss, micaschistes quartzites, schistes à séricite) et des *massifs granitiques*; ils forment la plus grande partie de l'Ouadaï et de l'Oubangui, puis de puissants massifs dans le bassin de l'Ogooué (Gabon) et enfin la chaîne du Mayombé (Moyen Congo), parallèle à la côte atlantique.

Au-dessus des schistes cristallins, se trouve une vieille *série sédimentaire*, plissée.

On y distingue, d'après M. Babet : *a*) une série *métamorphique quartzoschisteuse*, avec grès calcaires au sommet; *b*) une série *schistocalcaire*, discordante sur la première et débutant par un conglomérat; les calcaires, dolomitiques, oolitiques, argileux, les calcaires à cherts y dominent; *c*) une série *schistogréseuse*, généralement rouge, légèrement plissée. Ces deux dernières séries correspondent au Koundeloungou du Congo belge.

Enfin, cet ensemble est couronné par des *grès horizontaux* (grès des Batékés), se prolongeant dans l'Ogooué et l'Oubangui, où ils sont transgressifs sur les schistes cristallins et les granites. Les géologues congolais assimilent cette dernière série au Karoo de l'Afrique australe.

On a vu plus haut que dans le Nord du Tchad, la base des grès horizontaux est plus ancienne, d'âge silurien.

Enfin, le long du littoral de l'Atlantique se trouvent des sédiments éocènes et crétacés, séparés du substratum ancien par des grès grossiers, peut-être jurassiques.

L'Afrique équatoriale est un pays très latéritisé.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Cuivre. — La principale ressource minière de l'Afrique équatoriale française est le cuivre, localisé dans la vallée du Niari et au N.-E., dans la région de Djoué-Renéville. La zone cuprifère se trouve entre la série schistocalcaire qui est minéralisée et les grès rouges qui ne le sont pas. La partie supérieure des calcaires dolomitiques plus ou moins silicifiés, est creusée de cavités irrégulières de dissolution, à parois cavernueuses, corrodées, souvent tapissées de magnifiques cristaux de diopside, de malachite, etc. Les cavités de corrosion sont remplies par une *terre noire*, très siliceuse, peu alumineuse, riche en cuivre, fer, manganèse, argent. Elle renferme des blocs de chalcosite, le minerai sulfuré des gîtes, et de calcaires incomplètement dissous, puis des nodules, souvent creusés de géodes, de minéraux oxydés : diopside, malachite, avec cuprite, argent natif, etc. Il s'agit là de gisements métallifères d'origine profonde dont les racines n'ont pas encore été trouvées : gisements très remaniés par des circulations aqueuses superficielles. L'origine du manganèse de la terre noire doit être cherchée dans la décalcification du calcaire. Il existe aussi des minerais généralement oxydés de plomb (cérusite), de zinc (willémité), etc.

Cette région minéralisée se prolonge vers l'Ouest entre la Louvisie et Boko-Songo, mais, là les grès ont été érodés et la terre noire a en partie disparue. Les minerais sont complètement oxydés ; c'est une région de malachite.

Diamant. — Le diamant est actuellement prospecté dans les alluvions de Mouka (Oubangui), où il est accompagné de tourmaline, disthène, grenat, zircon, monazite, avec un peu d'*iridosmine*.

Or. — L'or est exploité dans les alluvions de la région de Roandji (Oubangui).

Améthyste. — Dans l'Oubangui.

Graphite. — Le graphite est assez abondant dans les schistes cristallins de diverses régions.

Bitume. — Des calcaires bitumineux activement prospectés se trouvent sur la côte atlantique à Pointe-Noire, Fernand Vaz, N'Kogho, etc.

Monazite. — La monazite en petits cristaux coulés est assez abondante dans certaines alluvions ; les analyses faites par M. Arsan-daux montrent qu'elle est riche en *thorine* (6 0/0).

Muscovite. — Ce mica en grandes lames est prospecté dans la région d'Ippy (Oubangui).

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

La plus grande partie de ces minéraux proviennent des gîtes de cuivre de la vallée du Niari, et notamment des mines de Mindouli et de Renéville (Djoué). Ce sont les suivants :

CORPS SIMPLES. — (5). *Cuivre natif*, souvent accompagné de cuprite.

(6). *Argent natif*; cristaux nets, masses dendriformes, associés à malachite, diopside, etc.

SULFURES. — (28). *Chalcosite* compacte.

Smallite, trouvée dans une collection venant de Mindouli, mais dont le gisement exact n'a pas été déterminé.

(68). *Cuprite*, rarement cristallisée, formant d'ordinaire de belles masses translucides rouges, associées à cuivre natif, diopside, malachite, etc.

CARBONATES. (90). — *Malachite* : cristaux distincts et masses compactes ou concrétionnées fibreuses; celles de Boko-Songo peuvent rivaliser par leurs dimensions et leur beauté, avec la malachite de Sibérie.

Aurichalcite et *chessylite*.

(88). *Céruosite*, très beaux cristaux transparents, simples ou maclés, atteignant 6 centimètres, associés à diopside et wulfénite.

MOLYBDATES. — (113). *Wulfénite*. Beaux cristaux de plusieurs centimètres, gris, jaunes ou orangés, associés à diopside.

PHOSPHATES. — (124). *Pyromorphite*, en cristaux jaune d'or.

(125). *Vanidinite*, en cristaux brun rouge.

Descloizite en masses concrétionnées.

Libéthénite, *leucocalcite*, *scorodite* (Boko-Songo).

(130). *Fornacite*. J'ai donné ce nom à un chromo-arséniate de plomb et de cuivre formant de petits cristaux sur diopside (échantillon unique).

(154). SILICATES. — *Willémite*, petits cristaux prismatiques, souvent groupés en rosettes, constituant aussi des roches, avec quartz et parfois oxyde de fer.

(158). *Diopside*. Admirable collection de géodes de cristaux de diopside, remarquables par leur beauté, leurs grandes dimensions, la netteté de leurs formes. Cette collection est unique.

Pseudomorphoses de cristaux de calcite en diopside.

(166). *Planchéite*. J'ai donné ce nom à un silicate de cuivre hydraté bleu, fibreux, sphérolitique ou compact, qui, depuis lors, a été retrouvé au Congo belge.

Chrysocole, diverses variétés.

La vaste étendue de l'Afrique équatoriale n'a fourni jusqu'ici qu'un petit nombre d'autres minéraux; ce sont les suivants :

CORPS SIMPLES. (192). — *Diamant*. Notre collection possède le premier cristal de diamant trouvé (en 1914) près d'Ippy dans le bassin du Kouango, affluent de l'Oubangui et décrit par M. L. Brustier; depuis lors on en a découvert dans le gisement indiqué plus haut.

Graphite. Des gisements de graphite existent au milieu des schistes cristallins.

OXYDES. — *Quartz*. (53). Beaux groupements à axes parallèles de cristaux squelettiformes de *quartz* des pegmatites de Melfi (Chari). Dans le Haut Oubangui, des groupements du même genre sont en partie constitués par de l'*améthyste* : le cristal terminal seul est transparent et peut être taillé comme gemme.

Dans le Haut Oubangui, les N' Brous taillent des cristaux de quartz transparents de 5 à 6 centimètres de longueur pour en faire des ornements implantés dans la lèvre inférieure de leurs femmes. L'allongement des pointes aiguës travaillées à l'aide de polissoirs en grès, est rigoureusement parallèle à l'axe vertical des cristaux.

Les géodes de cristaux de quartz de Melfi sont parfois recouvertes de belles concrétions mamelonnées de *calcédoine*.

Ilménite compacte de la Como.

PHOSPHATES. — *Monazite*. — En petits grains recueillis dans les fonds de batée de l'Oubangui.

SILICATES. — *Disthène* dans quartzites; ce minéral est quelquefois accompagné de *lazulite* et de *dumortière* microscopiques; *almandin*, *tourmaline*, *muscovite*, etc.

III. — LITHOLOGIE

Une grande quantité de roches ont été rapportées au Muséum par de nombreux voyageurs; ce sont elles qui ont permis à M. De-naeyer de dresser la carte géologique provisoire au 1.300.000^e de l'Afrique équatoriale qu'il a récemment publiée. Mais tous ces documents ont été seulement déterminés au point de vue minéra-

logique; un nombre infime a été analysé chimiquement; c'est là une étude en cours d'exécution dans mon laboratoire. Jusqu'ici les types d'intérêt minéralogique spécial sont assez rares.

Les *granites* comprennent des types alcalins et d'autres monzonitiques; ils sont accompagnés d'*aplites* et de *pegmatites*, où les seuls minéraux accessoires rencontrés jusqu'ici sont la muscovite, la tourmaline noire et les cristaux drusiques de quartz dont il a été question plus haut. Aucun type hyperalcalin du genre de ceux de la région saharienne n'a été observé.

Une *syénite néphélinique* à *ægyrine* et *torëndrikite* de Tiné (Ouadaï) a été décrite par M. Denayer.

Je noterai que M. Arsandaux a signalé dans la vallée de la Como (Gabon) un *granite* et un *gabbro*, tous deux à hypersthène, accompagnés par une *andésinite* quartzique.

Louis Gentil et Freydenberg avaient signalé autrefois à Melfi (Tchad) une roche qu'ils considéraient comme une syénite alcaline; une importante collection de roches de cette région que m'a fait parvenir le Gouverneur Lucien Fourneau m'a permis de montrer qu'en réalité, à Melfi se trouve une série lithologique tout autre qui, par la couleur jaunâtre de tous ses termes rappelle le faciès malgachitique de Madagascar et la série de la charnockite de l'Inde. Cette série lithologique calco-alcaline comprend : *granite akéritique*, *syénite*, *plauénite* à *péridot* et *diorite* à pyroxène et olivine, et enfin *hornblende feldspathique* à *pyroxènes* : ces roches ont été analysées et présentent un air de famille caractéristique. Courtet a rencontré des *gabbros* et des *norites* dans l'Oubangui.

Les filons de dolérites ne sont pas absents de l'Afrique équatoriale française, mais ils ne paraissent pas y être abondants.

Quant aux *schistes cristallins*, ils ne semblent présenter, comme accident minéralogique intéressant dans l'Oubangui, que des *quartzites à disthène*, avec exceptionnellement *dumortière* et *lazulite* microscopiques; il faut citer enfin parmi les amphibolites feldspathiques, assez fréquentes, quelques types à *scapolite*.

M. Babet qui a récemment publié un intéressant livre sur le Mayombé, y a décrit des *gneiss à albite*, des *micaschistes*, des *chloritoschistes épidotifères et calcifères*, des *épidolites*, constituant un faciès de recristallisation peu profonde rappelant celui de certains schistes cristallisés des Alpes.

PRINCIPAUX DONATEURS. — M. le Gouverneur Général Antonetti, M. le Gouverneur Lucien Fourneau.

MM. Arsandaux, Babet, de Burthe d'Annelet, Battini, Brustier, Carrier, Chevalier, Courtet, Delhaye, Grossard, Jamot, Lucas, Périquet, Planche, A. de Romeu, Sluys, Thollon.

BIBLIOGRAPHIE

Arsандаux (H.).

1. Contribution à l'étude des roches alcalines du Centre africain. *C. R.*, CXVI (1908), p. 352-355.
2. Sur la géologie de la boucle de l'Ogôoué. *C. R.*, CXLVIII (1909), p. 378-381.
3. Sur la répartition des granites au Congo français. *C. R.*, CXLIX (1909), p. 613-616.
4. Sur la géologie du bassin de l'Ogôoué. *C. R.*, CXLVIII (1909), p. 800-802.
5. Sur la présence au Gabon de roches appartenant à la série de la charnockite. *C. R.*, CLIV (1912), p. 896-898.

Azéma (L.).

6. Notes géologiques sur le Gabon. Esquisse géologique de l'Afrique française. *C. R. du Congrès des Sociétés Savantes* tenu à Paris en 1912 (1913), p. 133-139.

Azéma (L.) et Jamot.

7. Sur l'Ouadaï. *C. R.*, CLVIII (1914), p. 437-439.
8. Étude pétrographique du Ouadaï. *C. R. du Congrès des Sociétés savantes* Paris, 1914 (1915), p. 137-143.

Babet (V.).

9. Sur les roches cristallophylliennes du Mayombé (Afrique équatoriale française). *C. R.*, CLXXXVII (1928), p. 348-350.
10. Sur la dolérite labradorique de Granda Binda (circonscription du ch. de fer Afrique équatoriale française). *C. R., Somm. Soc. géol. France*, p. 17.
11. Étude géologique de la zone du chemin de fer Congo-Océan et de la région minière du Niari et du Djoué. Préface de A. Laeroix, Paris, Larose (1929), p. 1-176, 2 cartes géol.

Courtet.

12. Observations géologiques recueillies par la mission Chari-Tchad. *C. R.*, CXL (1905), p. 160-162.
13. Géologie et Minéralogie, in A. Chevalier. *L'Afrique centrale française*. — Mission Chari-Tchad. Paris (1907), p. 621-690, carte et fig.

Denaeyer (M.-L.).

14. Les principaux résultats géologiques et lithologiques de la mission de délimitation Ouadaï-Darfour. *C. R.*, CLXXVIII (1924), p. 1197-1199. En collab. avec le Cdt. Carrier.
15. Nouvelles observations sur la géologie du Tibesti-Djado-Kaouar. *C. R.*, CLXXIX (1924), p. 472-475.
16. L'Ouadaï oriental et les régions voisines. Géographie physique, géologie, d'après les documents de la mission de délimitation Ouadaï-Darfour (Mission du Lt.-Cl. Grossard, 1922-23), 1 fig. *B. S. G. F.* (4), (XXIV) (1924), p. 538-576. pl. XVI, 1 croquis, 1 coupe.
17. La géologie de l'Ouadaï. *C. R. Congrès des Soc. Sav.*, Dijon (1924) (Sciences), p. 221-32.

Denaeyer (M.-L.).

18. Géologie *in*. Lieutenant colonel Grossard. Mission de délimitation de l'Afrique Équatoriale française et du Soudan Anglo-Égyptien. Exposé des travaux. Larose, Paris (1925), 25 fig. 2 cartes, p. 107-130.
19. Esquisse générale de l'Afrique Équatoriale Française du Cameroun et des régions voisines. Tracé géographique par Emmanuel Barralier, Cartographe au Ministère des Colonies. Échelle 1/300.000.
20. Afrique Équatoriale Française. Région du Chemin de fer Océan-Brazzaville (Région minière du Niari). Esquisse géologique. Tracé de géographie par Emmanuel Barralier; tracé géologique de la partie orientale, d'après la carte de MM. Delhaye et Sluys. Échelle 1/500.000.
21. Esquisse géologique de l'Afrique Équatoriale Française, du Cameroun et des régions voisines. *C. R.*, CLXXXVII (1928), p. 658-660.
22. La nouvelle carte géologique de l'Afrique Équatoriale Française du Cameroun et des régions voisines. *B. Com. de l'Afr. Fr.*, Renseignements coloniaux, n° 12, p. 766. *Rev. de l'Univ. de Bruxelles*, XXXIV, n° 2 (Chronique scientifique).
23. Sur un nouveau gisement de torendrikite et sur le polychroïsme de ce minéral. *B. S. F. M.*, XLVII (1924) p. 32-34.
24. Nuevo Mapa Géologico del Africa Ecuatorial Francesa y del Cameroun. Conferencias y reseñas científicas de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Madrid, IV, p. 21-24.
25. Les grandes lignes de la géologie de l'Afrique Équatoriale Française et du Cameroun, d'après une carte récente. *Bull. techn. ass. Ing. École Polyt. Bruxelles*, XXV, p. 123.

Jamot (E.).

26. Contributions à la géologie du Ouadaï. *C. R. Congr. sav.*, Paris, 1914 (1915), p. 115-137 + 1 carte.

Jannettaz (Ed.).

27. Note sur une diopside du Congo français. *B. S. F. M.*, XIII (1890), p. 159.
28. Note sur l'argent natif du Congo français. *B. S. F. M.*, XIV (1891), p. 68-69.
29. Sur l'argent natif et la diopside du Congo français. *C. R.*, CXII (1891), p. 446-447.

Jérémime (E.).

30. Sur quelques roches de l'Oubangui-Chari, Congrès Soc. sav. Clermont (1931). (*sous presse*).

Lacroix (A.).

31. Minéralogie de la France et de ses Colonies. Cf. p. 10, n° 3. Listes des gisements étudiés, t. V. p. 414-417.
32. Sur la diopside du Congo français. *C. R.*, CXIV (1892), p. 1384-1386.
33. Sur la willémite d'Algérie et du Congo. *B. S. F. M.*, XXIII (1900), p. 255-257.
34. Les minéraux accompagnant la diopside de Mindouli (Congo français) *B. S. F. M.*, XXXI (1909), p. 247-259.
35. Sur une nouvelle espèce minérale [planchéite], provenant du Congo français. *C. R.*, CXLVI (1908), p. 722-725.
36. Sur le travail de la pierre polie dans le Haut-Oubanghi. *C. R., L. R.* CXLVIII (1909), p. 1725-1727.

Lacroix. (A.).

37. Sur le travail de la pierre polie dans le Haut-Oubanghi. *La Géographie* XX (1909).
38. Note préliminaire sur une nouvelle espèce minérale (fornacite) provenant du Moyen Congo. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), 198-200 et XXXIX (1916), p. 84.
39. La série lithologique de Melfi (Chari). *B. S. G. F.*, (4). XXV (1925), p. 495-500).

Romeu (Albert de).

40. Voyage au Congo (1909), entre Brazzaville et le Moyen Niari. *Bull. géographie, historique et descript.* (1910), n° 12 p. 55-56 + 1 carte.

Tronquoy (René).

41. Sur quelques renseignements nouveaux relatifs à la géologie et à la pétrographie du Congo. *C. R.*, CLVIII (1914), p. 2022.

CAMEROUN

Le Cameroun, territoire sous mandat français, présente une grande analogie géologique avec l'Afrique équatoriale française contiguë, en raison du développement des *Schistes cristallins* et des *Roches intrusives granitiques*, mais les *Formations sédimentaires*, particulièrement crétacées et nummulitiques, y occupent une plus vaste surface et il y existe des *centres volcaniques* récents, dont le principal, celui du Mont Cameroun, se trouve sur le bord du golfe de Guinée, vis-à-vis l'île volcanique portugaise de Fernando Po, dans la partie du Cameroun sous mandat britannique, mais sur la frontière de la zone française.

Les seules laves que j'ai étudiées sont des *basaltes* et des *basanitoides* (Bar Bilao), mais il faut signaler que dans le massif du Mont Cameroun se trouve le volcan Etinde qui a bien été étudié par E. Esch; il y a décrit de remarquables laves à leucite, néphéline, haüyne. Nous devons à ce savant des échantillons de ces roches que, dans ma classification lithologique, je désigne sous le nom d'*elindite*, les considérant comme la forme d'épanchement des *melteigites*.

J'ai décrit un sel de plante utilisé par les indigènes de l'intérieur et qui est essentiellement constitué par du chlorure de potassium (sylvine), associé de petits cristaux de *syngénite* et de *glasérite*.

DONATEUR. — Gouverneur Lucien Fourneau. M. E. Esch.

BIBLIOGRAPHIE

(Lacroix A.).

1. Sur la constitution d'un sel de plante provenant du Cameroun. *C. R.*, *CLVI* (1918), p. 1013-1016.
 2. Etindite, in *Mineralogie de Madagascar*, III (1923), p. 65.
-

IX

SAHARA

Au point de vue particulier qui m'occupe ici, il est utile de découper dans les confins des gouvernements généraux de l'Algérie, de l'Afrique occidentale et de l'Afrique équatoriale une vaste région, le Sahara, en partie *désertique* et couverte de dunes, cachant des *Formations sédimentaires* paléozoïques, fossilifères, crétacées ou tertiaires et d'où émergent des massifs montagneux formés essentiellement par des *Roches éruptives*, intrusives ou volcaniques.

Le *Sahara algérien* se développe au Sud du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie; ce sont les *Territoires du Sud algérien*; ils se prolongent jusqu'au Sud du Ahaggar. Le *Sahara soudanais*, qui fait partie du gouvernement de l'*Afrique occidentale*, se trouve à l'Est du Rio de Oro, de la Mauritanie et du Sénégal et se prolonge au-delà de la boucle du Niger. Le *Sahara nigérien*, situé plus à l'Est et comprenant notamment l'Aïr, le Damergou, Bilma, dépend encore de l'*Afrique occidentale*, alors qu'au delà, vers l'Est encore, se trouvent des régions désertiques, Kanem, Borkou, Tibesti, Egueï, Ennedi, Erdi et Ouadaï faisant partie de l'*Afrique équatoriale*.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Dans les régions sahariennes les seuls produits minéraux utilisables rencontrés jusqu'à présent sont constitués par le *sel* et ses congénères. Ils sont caractéristiques de pays désertiques brûlés par le soleil.

Sel. — Dans deux régions seulement, à Idjil, au Nord de l'Adrar, près du Rio de Oro et à Taodeni, au Sud de la frontière du Sahara soudanais et du Tanezrouft, il existe des couches de *sel gemme* alternant avec des argiles, d'âge probablement triasique comme ceux de l'Atlas saharien. Ces gisements, exploités depuis longtemps en carrières, fournissent les grandes dalles de sel que les indigènes emportent jusqu'au Niger.

Partout ailleurs un sel plus ou moins souillé de sulfate et de carbonate de sodium, plus rarement de sulfate de magnésium, est obtenu par l'évaporation naturelle ou artificielle de l'eau se concentrant dans des bassins sans écoulement. Sa composition est

d'ailleurs variable. A Bilma, ce sel est exploité méthodiquement dans des sortes de marais salants.

Ailleurs, le chlorure de sodium n'est qu'accessoire; c'est alors le carbonate ou plus rarement le sulfate de sodium qui prédomine; il existe à l'Est et à l'Ouest du Tchad des gisements où sont exploités des croûtes épaisses de *trona*, incorrectement appelées *natron*. Elles renferment généralement de la thermonatrite blanche formée par l'efflorescence de véritable *natron*. Dans la note n° 20 de la bibliographie ci-contre, j'ai donné d'abondants détails sur les gisements et le mode d'exploitation de ces divers sels, d'après les renseignements qui m'avaient été fournis par le colonel Moll et par Courtet de la mission Chari-Tchad.

Il faut citer encore dans ce même ordre de faits que dans des régions de l'Afrique centrale, où ne se trouvent pas de gisements semblables à ceux qui viennent d'être décrits, les indigènes se servent pour leur alimentation, d'un sel, surtout constitué par du chlorure de potassium; ils l'extraient du lessivage des cendres de plantes diverses et notamment du *doum* (*Hyphæna thebaïca*) et du *Siouak* (*Salvadora persica*).

Salpêtre. — On a beaucoup parlé du salpêtre du Sahara; les échantillons que je dois à Flamand sont dus au raffinage du produit de lavage de terres nitratées. Il ne s'agit donc pas d'un gisement exceptionnel de nitre.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Sel (41). — L'examen des cristaux de sel de la saline de Bilma m'a montré qu'ils ne sont pas constitués par les trémies cubiques habituelles, mais par des cubes à faces planes avec faces de l'octaèdre; cette modification de forme est due à la présence du sulfate de sodium qui accompagne le chlorure.

Thénardite (97). — J'ai souvent trouvé de beaux cristaux de thénardite parmi les échantillons de sels rapportés du Sahara; notre collection renferme, en particulier, de magnifiques cristaux transparents parfaits de ce minéral, provenant de Bilma et n'ayant pas moins de 8 cm. de diamètre.

Trona (94). — Les échantillons de trona du Tchad sont formés par l'enchevêtrement de cristaux très allongés dans les cavités desquels se trouvent parfois des formes distinctes : ce trona est tout à fait identique à celui des gisements classiques des lacs Natron (Égypte) : j'ai signalé plus haut qu'il est parfois mélangé de *thermonatrite* pulvérulente.

Gypse. — Dans plusieurs régions de l'Extrême-Sud algérien, notamment, dans la région du Souf, E.-N.-E. de Touggourt et à El Goléa, puis dans le Sud tunisien, sur le bord de l'Erg, dans la région de Kebili et Douz, le sable du désert recouvrant des couches de gypse, d'âge varié (Trias, Crétacé, Éocène), renferme des croûtes horizontales de plusieurs décimètres d'épaisseur de gypse formé par dissolution et recristallisation du gypse sous-jacent. Quelquefois des cristaux isolés de gypse de grande dimension se rencontrent dans les mêmes conditions. Ils sont généralement lenticulaires et enchevêtrés (*roses du désert*) à la façon de ceux de l'Éocène parisien. Ils englobent une quantité considérable de grains de sable et ont ainsi la même structure que les célèbres cristaux de calcite de Fontainebleau.

Egueïte (135). — J'ai donné ce nom à un minéral recueilli par M. Garde dans des argiles à faune récente de l'Egueï; c'est un phosphate ferrique hydraté, résultant de l'oxydation de petits nodules fibrolamellaires de vivianite.

Fulgurites. — Dans les dépressions des dunes fixées de certaines parties du Sahara, et notamment de la région de Bilma, l'on trouve une quantité considérable de tubes creux, à parois minces, vernissés à l'intérieur, qui sont formés de silice fondue à laquelle j'ai donné le nom de *lechateliérite (57)*. Ils sont produits par la fusion du sable quartzeux sous l'influence de la foudre. Ces tubes, à contours crévés et parfois bifurqués, sont implantés verticalement dans le sol, mais peu à peu ils sont dégagés et brisés par l'action du vent; ils gisent alors à terre, où ils sont rapidement usés par le frottement du sable. La localisation de ces fulgurites dans le creux des dunes est sans doute due au voisinage de l'humidité retenue par une couche argileuse sous-jacente et qui rend le sol conducteur de l'électricité. Elles sont souvent associées à des tubes creux, mais épais et non vitrifiés, formés par des grains de sable agglomérés autour d'anciennes racines dévorées par des Termites ou autres insectes.

III. — LITHOLOGIE

L'étude de nombreuses collections permet déjà quelques conclusions approchées de la constitution des roches éruptives et des schistes cristallins de cette vaste région. Dans plusieurs notes indiquées dans la bibliographie, l'un de mes élèves, M. Denaeyer, a coordonné les résultats de cette étude. Presque partout il existe des roches calco-alcalines: *granites monzonitiques*, *granodiorites*, *diorites* et *gabbros*, quartzifères ou non, avec quelques roches holoméla-

nocrates, accessoires, mais intéressantes; une *ariégite* dans l'Adrar des Iforass, une *pyroxénolite*, au Tassili N. Adrar, une *pyroxénolite à olivine* et une *hornblendite* dans le Ahaggar. Mais il existe en outre dans le Ahaggar des granites alcalins à métasilicates sodiques. Dans l'Aïr, puis dans le Damergou (région de Zinder) et dans le Mounio, ces *granites hyperalcalins à arfvedsonite* ou *lanéite*, parfois accompagnés de *microgranites*, ne sont pas associés à des granites calco-alcalins; ces dernières roches constituent aussi dans le Mounio des dômes indépendants. Des filons minces de *grorudite* ont été rencontrés à Zinder et encore une roche voisine passant à un *microgranite à lanéite* dans la région de Tombouctou (Gaundam).

Cette association de roches calco-alcalines et de roches alcalines se retrouve dans les épanchements volcaniques de quelques-unes des mêmes régions (Ahaggar, Adrar des Iforass et Aïr). Depuis plus longtemps, l'on connaissait sur les bords du Tchad, à l'Hadjer el Khemis, une *comendite*.

Parmi ces régions deux ont été spécialement étudiées au point de vue lithologique, le Ahaggar par M. Bourcart qui l'a exploré et par M. Denaeyer; le Tibesti, par le colonel Tilho qui y a fait le premier de l'exploration géologique et par moi-même. Dans le Ahaggar, ont été observées des *rhyolites alcalines*, des *trachytes alcalins*, des *latites*, des *daciles*, quelques *andésites* et *basaltes*, puis des roches hyperalcalines, *phonolites*, enfin des *téphrites*, des *basanitoïdes* et des *ankaratrites*.

Les volcans du Tibesti sont particulièrement intéressants; c'est surtout le massif de l'Emi Koussi dont le sommet se dresse à 3.415 m. d'altitude, qui a été exploré en détail par le colonel Tilho. On y distingue des roches schisteuses redressées qui ne sont autres que des mylonites granitiques; elles supportent des grès horizontaux gotlandiens à *Harlania Halli*, déjà connus au Nord de Bilma et se prolongeant à la base des plateaux gréseux du Borkou, de l'Erdi et de l'Ennedi. Sur ces grès se sont épanchées de puissantes coulées de *basanitoïdes*, puis des alternances de coulées et de projections *trachytiques* et *phonolitiques* dans quoi est creusée la grande caldeira du Koussi qui mesure 14 km. de plus grand diamètre; sur son fond plat, situé à 2.670 m. d'altitude, se trouve un véritable champ de *trona*, d'un blanc éblouissant. Les tufs renferment des blocs d'obsidienne rhyolitique et de syénite qui vient d'être retrouvée en place par le colonel de Burthe d'Annelet. Toute cette série est plus sodique que potassique. Les derniers phénomènes éruptifs ont consisté en projections de scories de basanitoïdes analogues à celles de la base.

Dans le N.-W. du massif ont été observées des *ponces* et des *obsidiennes rhyolitiques*, des *trachytes à plagioclases*, des *dacitoïdes* et enfin des *andésites*.

Au moment du tirage de cette feuille, M. Dalloni rentre d'une mission dans le Tibesti. De la partie nord et ouest jusqu'alors non explorée, il rapporte au Muséum une très importante collection lithologique dont l'étude est commencée. Elle renferme des types particulièrement intéressants : *rhombenporphyre* à très grands phénocristaux d'anorthose, *basaltes*, *rhyolites hyperalcalines* (comendites et pantellérités) lithoïdes, ponceuses, obsidienniques et des roches filoniennes à néphéline, *tinguaïtes* porphyriques, *berondrites*, *luscladites* etc.

Parmi les schistes cristallins du Sahara, je citerai un *cipolin* à *chondrodite* de l'Adrar des Iforass.

PRINCIPAUX DONATEURS.— MM. Bourcart, de Burthe d'Annelet, Chevalier, Courtet, Dalloni, Flamand, Foureau, Garde, Lacombe, Moll, Pérébasquine, Rueff, Tilho.

BIBLIOGRAPHIE

Courtet.

1. Les sels de la région du Tchad. *C. R.*, CXL (1905), p. 316-318. Cf. p. 88, n° 13.

Denaeyer (M. E.).

2. Sur les roches recueillies par MM. Chudeau et Villatte dans le Sahara Central. *C. R.*, CLXXVI (1923), p. 1073-1075.
3. Sur les roches de l'Adrar des Iforass et de l'Ahaggar. *C. R.*, CLXXVI (1923), p. 1161-1164.
4. Sur les roches de l'Aïr (Sahara Central). *C. R.*, CLXXVII (1923), p. 1229-1231.
5. Les roches alcalines du Sahara Central. *C. R. Congr. Soc. Sav.* Paris, p. 219-229.
6. Observations sur la géologie du Sahara Central. *C. R. Soc. Géol. France*, n° 14, séance du 3 nov., p. 136-138.
7. Sur l'andésite à pigeonite à facies diabasique de Taodéni (Sahara Soudanais) et sur l'origine de la bowlingite qu'on y rencontre. *B. S. F. M.*, XXXXVII (1924), p. 355-357.
8. Essai de coordination des données lithologiques de quelques régions sahariennes et soudanaises. Extrait du livre jubilaire publié à l'occasion du cinquantième de la fondation de la Société Géologique de Belgique (1874-1924). Liège II, p. 90-99 et Ass. Fr. Av. Sc. *C. R.*, 48^e session. Liège (1924), p. 386-387.
9. Sur les caractères lithologiques des laves de l'Ahaggar (Sahara central). Mission Jacques Bourcart 1922-1923. *C. R.*, CLXXXI (1925), p. 1073-1075. (En collab. avec M. J. Bourcart).
10. Les caractères lithologiques des roches éruptives du Sahara soudanais et de l'Afrique équatoriale. *C. R. Congr. Soc. Sav.* 1925, Paris, p. 394, 401.
11. La Géologie et le volcanisme dans le Sahara (Analyses bibliographiques). *Bulletin volcanologique*, Naples, 2^e année, p. 165-172.

Denayer (M. E.).

12. Sur la composition chimique des laves de l'Ahaggar, Sahara Central (Mission Jacques Bourcart 1922-1923). *C. R.*, CLXXXV (1927), p. 1492-1494. En collaboration avec J. Bourcart.
13. Les caractères chimiques des roches éruptives de l'Ahaggar, Sahara Central (Notes préliminaires). *Bull. Soc. belge géol.*, XXXVII, p. 1117 (1927).
14. Sur les caractères lithologiques des roches intrusives du Massif Central Saharien. (Mission J. Bourcart 1922-23). *C. R.*, CLXXXVI, p. 155-157 (1928).
15. Sur une variété de dissogénite alcaline de la colonie de l'Oubanghi. Chari. *B. S. F. M.*, LIII (1930), p. 85-90 + 1 pl.

Garde (G.).

16. Résultats de l'exploration géologique et minéralogique de l'Eguei. *C. R.*, CXLVIII, (1909), p. 1616-1619.
Étude des principaux gisements de roches alcalines du Soudan français. *C. R.*, CXLIX (1909), p. 43-45.
17. Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'Est et au Nord-Est du Tchad (Mission Tilho). (Thèse de doctorat). Clermont-Ferrand. (1910), 284 p., 55 fig., 1 pl., 2 cartes.

Gentil (Louis).

18. Sur l'existence de roches alcalines dans le centre africain. *C. R.*, CXXXIX (1904), p. 413-415.

Lacroix (A.).

19. Minéralogie de la France et de ses Colonies. Cf. p. 10, n° 3.
20. Résultats minéralogiques et géologiques des récentes explorations dans l'Afrique occidentale française. *Rev. Colon.*, (1905), n° 4, p. 130-139; n° 5, p. 205-223.
21. Sur les fulgurites exclusivement siliceuses du Sahara oriental et sur quelques fulgurites silicatées des Pyrénées. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 188-198.
22. Sur les microgranites alcalins du territoire de Zinder. *C. R.*, CXL (1905), p. 22-26.
23. Sur le chlorure de sodium de l'oasis de Bilma. *B. S. F. M.*, XXXI (1908), p. 40-43.
24. Sur la thénardite de Bilma (Sahara oriental). *B. S. F. M.*, XXXIII (1910), p. 68-70.
25. Sur l'éguéite. *Min. France et Colonies*, IV, (1910), p. 536-538.
26. Esquisse géologique du Tibesti du Borkou, de l'Erdi et de l'Ennedi (en commun avec le colonel Tilho). *C. R.*, CLXVIII (1919), p. 1169-1174.
27. Les volcans du Tibesti. *C. R.*, CLXVIII (1919), p. 1237-1240 (en commun avec le colonel Tilho).
28. La constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du Tibesti. *C. R.*, CLXXIX (1919), p. 402-407.
29. Nouvelles observations sur les fulgurites essentiellement siliceuses du Sahara. *B. S. F. M.*, LIV (1931), p. 75-79.
30. Les fulgurites du Sahara. *C. R. Acad. sc. colon.* (1931). 4 pl. (sous presse).

X

LES ILES VOLCANIQUES

Les Colonies française dont j'ai à m'occuper ici doivent être divisées en deux groupes. Le premier comprend des îles exclusivement formées par des laves ou des matériaux pyroclastiques, le second par des îles qui renferment, en outre, des sédiments tertiaires apparents.

Du point de vue des productions minérales utilisables, ces îles volcaniques n'offrent pas d'intérêt. Du point de vue minéralogique pur, elles ne contiennent qu'un petit nombre de minéraux, faisant partie des laves : notre collection possède surtout des zéolites et des produits siliceux formés aux dépens des basaltes.

Tout leur intérêt minéralogique, et il est considérable, se concentre sur leur lithologie. Il y a lieu d'insister aussi sur l'importance des données fournies à la physique du globe par celles de ces îles, où il existe des volcans actifs.

A. — LES ILES OCÉANIQUES

Les travaux minéralogiques et chimiques consacrés, depuis quelques années, aux îles exclusivement volcaniques qui ont surgi des divers Océans : Atlantique, Indien, Pacifique, Austral, ont mis en évidence un trait commun de leur composition lithologique.

Leurs laves sont essentiellement constituées par des roches à *facies basaltique*, présentant, d'ailleurs, suivant les régions, une gamme étendue de variations, depuis des types α , à silice libre, jusqu'à des types à silice déficitaire, caractérisés uniquement par la présence d'olivine (types β), associée ou non à des feldspathoïdes exprimés ou virtuels (types β'). Souvent, la proportion des minéraux colorés devient très grande et les roches basaltiques de tous genres passent à des types mélanocrates que j'ai proposé de nommer *océanites* ou *ankaramites*, suivant que l'olivine domine sur le pyroxène ou que l'inverse a lieu.

Ces laves, à facies basaltique, existent parfois seules, mais souvent aussi elles sont accompagnées de laves de couleur claire et de nature variée allant, suivant les cas, des *rhyolites* aux *phonolites*. Elles dérivent du même magma que les roches à facies basaltique,

mais elles existent en minime proportion relativement à celles-ci.

L'intérêt des recherches qui vont être exposées plus loin consiste à montrer, en outre de cette notion d'ordre général, quelles sont les variations et les combinaisons de types caractérisant chacune des îles ou les divers groupes d'îles considérées.

En ce qui concerne les Colonies françaises, il faut étudier les îles suivantes :

Océan Indien : Comores, Réunion, Amsterdam, Saint-Paul, Kerguelen, Crozet.

Océan Pacifique : Au S. de l'Équateur, Archipel de la Société, Marquises, Îles Gambier, Tubuai; au N. de l'Équateur, Clipperton.

Les seuls volcans actifs à signaler sont le *Karhala*, à la Grande Comore; le *piton de la Fournaise*, à l'île de la Réunion; et encore le volcan éphémère de l'*Îlot des Cendres* qui, en 1923, est apparu sur les côtes de l'Annam et n'a pas tardé à disparaître : pour ce dernier, cf. p. 41.

a) Océan Indien

α) Comores

Les Comores sont constituées exclusivement par des laves, mais de nombreux blocs roulés recueillis à Anjouan me font penser que les hauts fonds qui supportent l'Archipel constituent sans doute un substratum ancien, formé d'*orthogneiss*, *granites à lanéite*, *monzonites*, *granodiorites*, *gabbros*, *péridotites*. S'il en était ainsi, il faudrait rattacher les Comores à Madagascar et non aux îles Océaniques.

Parmi les blocs de ces roches grenues, j'ai rencontré encore des *andésites saussuritisées*, montrant l'existence d'une série volcanique plus ancienne que celle dont les roches affleurent.

Mayotte, Anjouan, Mohéli, Pamanzi et sans doute la base du Karhala, à la Grande Comore, sont formées par l'accumulation de matériaux volcaniques dont l'âge est inconnu; mais par ce que l'on sait de Madagascar et du pourtour de l'Océan Indien, l'on peut supposer que le début des éruptions date du Crétacé moyen. Quoi qu'il en soit, ce sont des volcans en ruines dont tous les appareils ont disparu, sauf à Pamanzi, où le cratère de Ziani est encore distinct. Ce furent des volcans à cratère; ils ont fourni une grande quantité de matériaux de projection, ce qui explique l'intensité de la décomposition superficielle et par suite l'extraordinaire fertilité du sol.

L'activité éruptive ne subsiste plus que dans l'Ouest de l'archipel, au Karhala, grand volcan à cratère central, mais où,

comme à l'Etna, les éruptions se font actuellement par des fentes radiales, dont l'altitude oscille entre 1.800 m. et 600 m. Généralement des phénomènes explosifs seulement se manifestent dans la majestueuse caldeira de laves qui couronne la montagne et ne mesure pas moins de 4 kilomètres de diamètre. Les laves basaltiques du Karthala sont très fluides, les coulées cordées, fréquentes; elles renferment des tunnels avec stalactites de lave rappelant ceux de la Réunion. L'île possède un petit nombre de puys basaltiques, intacts ou démantelés.

LITHOLOGIE

Au point de vue lithologique, les laves de l'archipel forment un ensemble remarquablement homogène, dans quoi la teneur en soude est plus grande que celle de la potasse.

Les laves prédominantes sont de nature basaltique, fournissant un exemple remarquable de continuité, depuis des *basaltes* β , simplement saturés, sans néphéline, jusqu'à des termes β' , de plus en plus déficitaires en silice, et qui comprennent : *basanitoïdes*, *limburgites*, *téphrites doléritiques* et enfin *luscladites* (intrusives). Toutes ces roches sont plus ou moins mésocrates, mais elles comportent aussi des termes extrêmes, très mélanocrates; les uns sont feldspathiques (*ankaramites-océanites*), les autres dépourvus de feldspaths (*ankaratriites*). Des enclaves homocogènes (*nodules à olivine*; *nodules à augite, hornblende et olivine*) sont fréquentes.

Viennent ensuite, par ordre d'importance, d'autres roches à feldspathoïdes, leucocrates celles-là, des *ordanchites* et des *phonolites*.

Enfin se rencontrent quelques *trachytes* α , les seules roches de la série renfermant de la silice libre qui, d'ailleurs, reste à l'état virtuel.

La discussion de la composition chimique de tout cet ensemble m'a permis de montrer que la région volcanique des Comores fait partie de la même province lithologique que le Nord de Madagascar.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. les Gouverneurs Fourreau et Garnier-Mouton; MM. A. Lacroix, Legros, Pobéguin, Plaideau, Waterlot.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

1. La constitution des roches volcaniques de l'Archipel des Comores. *C. R.*, CLXIII (1916), p. 213-219.

2. Sur quelques roches volcaniques mélanocrates des Possessions françaises de l'Océan Indien et du Pacifique. *C. R.*, CLXIII (1916), p. 177-183.
3. Une éruption du volcan Karthala, à la Grande Comore, en août 1918. *C. R.*, CLXXI (1920), p. 5-10.
4. La constitution lithologique de l'Archipel des Comores. *C. R.* du 13^e congrès géologique international. Bruxelles (1922), p. 949-979.
5. Comores, in *Minéralogie de Madagascar*, t. I, (1922), p. 141-148; t. III (1923), p. 191-192.

β) ILE DE LA RÉUNION.

La Colonie est constituée par deux volcans accolés, l'un en activité discontinue, mais avec éruptions fréquentes (39 paroxysmes au cours du siècle dernier), c'est le Piton de la Fournaise; l'autre éteint, le Piton des Neiges.

Le volcan actif, s'élevant à 2.528 m. d'altitude est couronné par une grande caldeira (*Enclos*), au milieu de quoi se dresse un cône de lave très surbaissé, creusé de deux cratères; le plus élevé, et le plus ancien, est celui de Bory, il était encore en activité à la fin du xviii^e siècle, mais il est muet depuis que l'activité éruptive s'est déplacée vers l'Est. Une large brèche de 7 km. de largeur est ouverte dans cette caldeira, vers l'Est encore, et permet l'écoulement des laves jusqu'à la mer, le long des « Grandes Pentès » et du « Brûlé », c'est un domaine dévasté, abandonné au volcan.

Les laves sont très fluides, à surface cordée ou en gratons; leurs coulées sont creusées de tunnels, d'où pendent de nombreuses et élégantes stalactites de lave accompagnées de stalagmites encore plus curieuses. Le dynamisme du volcan est hawaïen sur les fentes transversales et au cratère central; il est plus souvent strombolien, le long de fentes diamétrales, mais, en tous cas, les projections de matériaux pyroclastiques ne sont qu'accessoires, le Piton de la Fournaise est un volcan silencieux. Dans certaines éruptions, les projections se réduisent à l'émission de petites gouttelettes de verre et de fils d'obsidienne basaltique (cheveux de Pelé). On connaît cependant dans l'histoire ancienne du volcan, au moins une éruption (1860) à caractère vulcanien; elle a couvert l'île de fine poussière.

Le Piton des Neiges est un grand volcan (3.200 m.), profondément entamé par l'érosion qui y a taillé trois vastes cirques (Salazie, Cilaos, Mafatte), au fond de quoi se trouvent des sources thermales. Ils permettent d'étudier, en détail, l'anatomie de ce majestueux édifice. Les laves à facies basaltique dominant, mais elles sont associées à des roches claires et sont pénétrées par des intrusions de roches grenues variées.

L'âge des dernières éruptions est probablement très récent. Aucun renseignement n'a pu être recueilli sur l'âge du début de

l'activité qui date probablement du Tertiaire et ce Tertiaire n'est peut être pas très ancien.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Il y a peu de chose à citer à cet égard. Des sables titanifères (*magnétite titanifère*, *ilménite*), résultant de la désagrégation des basaltes de la côte Sud de l'île, ont été jadis prospectés.

Du *guano* d'oiseaux a été extrait de certains tunnels des coulées basaltiques (Cf. p. 123).

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Les sables basaltiques de l'Enclos extérieur à l'enclos Fouqué (volcan récent) sont très riches en cristaux nets, isolés, d'*olivine* (153) et d'*augite* (170).

J'ai rencontré des cristaux de *pseudobrookite* (155) produits par pneumatolyse dans les cavités bulleuses de stalactites de basalte.

De nombreux et beaux cristaux de zéolites abondent dans les basaltes du Massif du Piton des Neiges (185-189) (*analcime*, *chabasie* et sa variété *phacolite*, *christianite*, *apophyllite*, *mésole*, *gyrolite*), elles sont associées à des cristaux de *calcite*, d'*aragonite* bacillaire.

Prehnite dans gabbro.

Minervite ammoniacale, *newbéryite* et variété de *lecontite*, dans cavernes de lave.

III. — LITHOLOGIE

Les laves basaltiques appartiennent toutes à des types β .

La Réunion est à citer comme exemple de la fréquence de toutes les modalités possibles de production d'obsidienne basaltique : croûtes superficielle des laves cordées ; projections havaïennes (petites bombes, gouttelettes, fils obsidienniques) ; bord et extrémités de filons, etc. Il est bon de noter que c'est le botaniste Commerson qui a recueilli pour la première fois les fils obsidienniques à la suite de l'éruption de 1774 ; ils ont été décrits par Sage, Faujas de Saint-Fond, Bory de Saint-Vincent, qui avaient bien interprété leur véritable nature longtemps avant la découverte des Cheveux du Pélé à Hawaï. Le type moyen est un *basalte* pauvre en olivine, mais il existe aussi des types leucocrates : *andésites andésiniques* et surtout *labradoriques*, aphanitiques ou porphyriques à très grands phénocristaux de labrador basique. Les basaltes porphyriques à olivine et augite n'y sont pas rares et ils sont accompagnés d'*océanites*, très riches en péridot.

Les laves actuelles sont constituées, suivant les éruptions, par le basalte pauvre en olivine ou par l'océanite; je pense même qu'une même coulée peut renfermer les deux types, sans qu'il m'ait été possible d'en faire la démonstration certaine. J'ai exposé les raisons qui me font penser que l'océanite s'est formée aux dépens du magma du type pauvre en olivine, grâce à une différenciation par cristallisation, indépendante de l'altitude du point de sortie des coulées, contrairement à l'opinion qui avait été formulée jadis à cet égard. Une telle différenciation peut aller jusqu'à la production de *dunite*, dont des enclaves sont recueillies dans la lave (1).

Les *basaltes* et les *océanites* du Piton des Neiges ne diffèrent pas de ceux du volcan actif, mais ils sont accompagnés par des *andésites* et par des *trachytes*; ceux-ci appartiennent à des types α , ou bien β et, dans ce dernier cas, ils ont une texture phonolitique. D'épaisses coulées de *mugéarite*, semblables à celles d'Écosse, se rencontrent dans le même massif.

Particulièrement intéressantes à divers points de vue sont les intrusions (sills ou dykes) de roches grenues que l'érosion permet de voir en place au milieu des coulées et des agglomérats basaltiques. J'y ai recueilli les roches suivantes : *syénite quartzifère*, passant à *granite à diopside, ægyrine, lanéite* (minéraux se trouvant aussi en cristaux nets dans cavités miarolitiques), *microsyénite quartzifère à ægyrine, akérite, gabbro et microgabbro à olivine*, souvent mésocrates, *harrisite, dunite* de couleur noire (type spécial d'altération).

Il est intéressant de voir, réunies là, des associations minéralogiques caractéristiques de l'Ouest de Madagascar; dans ces deux régions, des *syénites* et des *granites hyperalcalins* et des *gabbros*, très calciques, ont été formés aux dépens d'un même magma, les premiers postérieurement aux seconds.

Il est important aussi de pouvoir démontrer que des roches grenues, à facies granitique ou gabbroïque, ont pu se produire, dans un massif basaltique d'âge récent, sous une faible couverture de laves. Ces conclusions sont celles que j'avais tirées antérieurement de la découverte des roches analogues intrusives dans le massif andésitique pliocène du Cantal.

Ces observations permettent aussi d'apporter de la lumière sur l'origine des *enclaves homoeogènes* des roches volcaniques; la plupart des roches intrusives que je viens d'énumérer sont, en effet, connues sous forme d'enclaves dans les laves les plus récentes.

(1) Je tiens à cet égard à relever une faute d'impression dans ma *Minéralogie de Madagascar*, t. III, 1926, p. 231, ligne 7, et qui a fait mettre entre parenthèses « coulée » au lieu d'« enclave » dans un tableau d'analyses : ce lapsus a conduit un de mes collègues à une interprétation inexacte de ma pensée cependant clairement formulée dans le contexte.

PRINCIPAUX DONATEURS : M. le Gouverneur Repiquet.
MM. Deroche, Desbassyns, D^r Jacob de Cordemoy, A. Lacroix,
Ch. Vélain.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

1. Note sur les cristaux d'olivine des sables de projection de la plaine des Sables (Ile Bourbon). *B. S. F. M.*, VII (1884), p. 172-174.
2. Le volcan de la Réunion. *C. R.*, CLIV (1912), p. 169-174.
3. Les laves du volcan actif de la Réunion. *C. R.*, CLIV (1912), p. 251-257.
4. Sur la constitution minéralogique des volcans de la Réunion. *C. R.*, CLV (1912), p. 538-544.
5. Les roches grenues intrusives dans les brèches basaltiques de la Réunion; leur importance pour l'interprétation de l'origine des enclaves homoeogènes dans les roches volcaniques. *C. R.*, CLIV (1912), p. 630-635.
6. Sur les zéolites des basaltes de la Réunion. *B. S. F. M.*, XXXIV (1912), p. 119-123.
7. Sur l'existence de la pseudobrookite dans les cavités des stalactites basaltiques de la Réunion. *B. S. F. M.*, XLI (1918), p. 183-186.
8. L'activité éruptive du volcan de la Réunion de 1802 à 1817 d'après les observations d'un témoin oculaire. Notice envoyée à Faujas de Saint-Fond le 1^{er} avril 1817, par M. Hubert résidant à Saint-Benoit dans l'île Bourbon. *B. S. G. F.*, (4) XIX (1919), p. 3-10.
9. La Réunion (Étude lithologique), in *Minéralogie de Madagascar*, III, 1923, p. 227-237.
10. Succession des éruptions et bibliographie du volcan actif de la Réunion. *Bull. Volcanologique*, N^o 3 et 4 (1925), p. 20-56, 1 carte.
11. Une nouvelle éruption du volcan de la Réunion (30-31 décembre 1925). *C. R.*, CLXXXII (1926), p. 505-506.
12. Le volcan de la Réunion. *Terre et Vie*, t. I (1931), p. 6-14.
Cf. aussi au paragraphe. *Les phosphatées*, p. 123.

b) OCÉAN AUSTRAL (1)

α) ILES AMSTERDAM ET SAINT-PAUL.

Ces îles ont été autrefois (1878) visitées et décrites par Ch. Vélain; les échantillons que j'ai étudiés m'ont été donnés par ce savant qui, par ailleurs, en avait offert une collection au Service de géologie du Muséum. J'ai pu ainsi compléter par une étude chimique les données antérieures dues à Vélain et à Reinisch (documents recueillis par Drygalski).

1. Ces îles sont actuellement rattachées au Gouvernement général de Madagascar.

L'île d'Amsterdam est constituée uniquement par des *basaltes* doléritiques ou porphyriques à grands cristaux de plagioclases basiques.

Des *basaltes* encore, généralement, et des *sakalavites* constituent l'île Saint-Paul; ils sont doléritiques, compacts, ou porphyriques. Des cristaux isolés d'anorthite ont été recueillis dans leurs tufs.

Ces basaltes sont accompagnés de *rhyolitoïdes* alcalines, généralement rubéfiées : certaines d'entre elles paraissent même être hyperalcalines, car il y reste quelques traces d'amphibole bleue ayant résisté à la décomposition.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

1. Iles Amsterdam et Saint-Paul, in *Minéralogie de Madagascar*, t. III (1923), p. 240-243

β) ARCHIPEL DE KERGUELEN.

Cet Archipel comprend une grande île, extraordinairement découpée, creusée de fjords profonds; elle est entourée de 130 îles plus petites et d'environ 160 roches; l'ensemble est en partie couvert par des glaciers inexplorés. Kerguelen est inhabitée, mais fréquentée par des baleiniers et des chasseurs de phoques.

Plusieurs expéditions anglaises et allemandes en ont rapporté de nombreux matériaux lithologiques qui ont été décrits par J. Roth, Renard et plus récemment Reinisch.

Malgré les travaux de ces savants, j'ai trouvé des faits nouveaux intéressants, et d'importance, dans l'étude des documents rapportés au Muséum par MM. Bossière et surtout par MM. Rallier du Baty et Loranchet, puis Étienne Peau.

Une observation analogue à celle formulée plus haut au sujet des Comores doit être faite ici. L'on n'a signalé jusqu'ici, en place, que des roches volcaniques, mais dans les collections précitées, j'ai trouvé la preuve de l'existence de nombreuses *roches grenues* : il me semble assez vraisemblable qu'elles ne constituent pas un substratum ancien, elles sont probablement intrusives dans les laves, à la façon de quelques-unes de celles de la Réunion et de Madagascar : le fait est démontré pour certaines d'entre elles; pour d'autres la vérification est à faire; il faut espérer que M. Aubert de la Rüe, actuellement sur place, apportera des éclaircissements sur cette question.

Aucune observation précise n'a été faite jusqu'à présent sur l'âge des éruptions de Kerguelen; il semble qu'il n'existe plus guère d'appareils conservés, sauf dans quelques cas, peut-être ces îles ont-elles subi une érosion considérable; mais il ne faut pas oublier que l'on ne connaît encore que très peu de chose sur leur constitution, une partie seulement de leurs côtes ont été explorées. En tous cas, la fraîcheur de beaucoup de leurs laves fait penser que la fin de l'activité éruptive n'est sans doute pas très lointaine.

J'ai trouvé dans les collections de M. Peau la preuve de l'existence d'une série volcanique ancienne, constituée par des *spilites*, porphyriques, vacuolaires ou bréchiformes, riches en albite, épidote, delessite, calcite : ces roches diffèrent complètement des laves en place dont je vais m'occuper exclusivement plus loin.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Il n'existe aucun minéral important d'intérêt économique. Le prétendu charbon qui a été signalé n'est qu'un *lignite* souvent pyriteux formant des lits dans des tufs intercalés entre des coulées basaltiques. Les concrétions siliceuses rappellent, en moins bien, celles exploitées à Madagascar.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

Les seuls minéraux d'intérêt scientifique qu'ait fourni jusqu'à présent Kerguelen sont des zéolites : (185-189) *analcime*, *chabasie*, *heulandite*, *stilbite*, dont les cristaux, souvent fort beaux, abondent avec *calcite* et *mésotype* fibreuse, dans les basaltes altérés.

Il faut signaler encore des produits siliceux de même origine et en particulier de très belles géodes de *calcédoine*, mamelonnée, blonde, associée à des onyx, des cristaux de *quartz* (56). La *hyalite* n'est pas rare. Les *jaspes* rouges, d'un vert poireau, etc., sont très abondants.

III. — LITHOLOGIE

Les laves à facies basaltique prédominent; ce sont des *basaltes* β , passant à des *andésites* augitiques, elles-mêmes apparentées à des *téphritoïdes*. Les formes doléritiques sont très fréquentes.

Les laves foncées sont accompagnées de *trachytes phonolitiques*, parfois ponceux et de *phonolites* aegyriques qui paraissent être antérieures à certains basaltes tout au moins.

J'ai étudié encore un *pechstein rhyolitique* noir, constituant un dyke dans une coulée de basalte.

Mais plus intéressants que ces roches volcaniques sont des roches grenues, *syénites néphéliniques*, *micromonzonites néphéliniques*, *essexites*, intrusives dans la série basaltique, à la façon des roches similaires de Tahiti et de la Réunion.

Parmi les roches recueillies, à l'état de blocs, par M. Peau, je dois signaler des *syénites quarzifères à lanéite et ægyrine* et des *granites* de composition voisine, des *eucrites*, auxquelles il faut joindre une série de roches à facies gabbroïque rapportée récemment par M. Aubert de la Rüe.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. Aubert de la Rüe, Boissière, Loranchet, Étienne Peau, Rallier du Baty.

BIBLIOGRAPHIE

Aubert de La Rüe.

1. Sur quelques minéraux des îles Kerguelen. *B. S. F. M.*, III (1929), p. 144-147.
2. Sur l'existence de l'agate et du spath d'Islande dans l'archipel de Kerguelen. *C. R.*, CLXXXVIII (1929), p. 1421-1422.

Lacroix (A.).

3. Sur l'existence de roches néphéliniques grenues dans l'archipel volcanique de Kerguelen. *C. R.*, CLX (1915), p. 187-190.
4. Les zéolites et les produits siliceux des basaltes de l'archipel de Kerguelen. *B. S. F. M.*, XXXVIII (1915), p. 134-137.
5. Archipel de Kerguelen. in *Minéralogie de Madagascar*, III, 1923, p. 243-247.
6. Les roches éruptives grenues de l'archipel des Kerguelen. *C. R.*, CLXXIX (1924), p. 113-119.

γ) ILES CROZET.

Les îles (anglaises) Marion situées par 46° de latitude Sud, au S.-S.-W. de Madagascar et les îles (françaises) Crozet (Possession, etc.), situées à peu près sur le même parallèle, à 510 milles plus à l'Est, sont désertes et essentiellement volcaniques.

Leurs laves très analogues, ont été décrites, les premières par Renard, les secondes, par Reinisch. Les quelques échantillons que nous possédons et qui ont été étudiés sont des *basaltes* (Marion), des *basaltes β*, des *basanitoïdes* et des *ankaramites* (Crozet). Ces roches offrent beaucoup d'analogie avec celles de Nosy-bé.

c) OCÉAN PACIFIQUE

A l'exception de l'atoll de Clipperton ⁽¹⁾, situé dans le Pacifique du Nord, à environ 1.100 kilomètres au S.-W. de la côte du Mexique, les îles françaises du Pacifique sont concentrées dans la partie centrale de l'Océan, au sud de l'Équateur.

Celles du Pacifique austral sont les suivantes :

Archipel de la Société. Il comprend deux groupes, les *Iles du Vent* : Tahiti, Moorea, Mehetia, Tubuai-Manu et la petite île corallienne Tetiaroa et les *Iles Sous le Vent* : Maupiti, Bora-Bora, Tahaaa, Raiatea, Huahine, et les îlots coralliens Motaiti, Hopelia, Scilly, Bellinghausen.

L'*Archipel Tubuai* ou *austral*, situé au Sud du précédent, comprend sept îles alignées W.-N.-W. sur 950 milles : Maria, Rimatara, Rurutu, Tubuai, Raivavae, Rapa, Marotiri (îlot de Bass).

L'*archipel des Marquises* comprend trois séries d'îles. Au N., Hatutu et Eiao (Masse), Motu hiti; au centre, Nuku hiva, Ua Huka, Ua Pou : au Sud, Hiva hoa, 'Tahua'a, Motane, Fatu hiva.

Iles Gambier. — A l'extrémité S.-E. de la poussière d'îles coralliennes des Tuamotu, et parmi lesquelles se trouve Makatea, existe un petit archipel volcanique, celui des Gambier, dont l'île principale est Mangareva.

Après de très longs efforts, j'ai pu obtenir et étudier des séries de laves de toutes ces îles, à l'exception de quatre d'entre elles, d'abord particulièrement difficile et de peu d'importance : Maria et Rimatara, dans les Tubuai; Hatutu et Motu-hiti, dans les Marquises.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Le seul produit minéral d'intérêt économique dans les *Possessions françaises* de l'Océanie est le *phosphate de chaux*, de l'île calcaire Makatea (Tuamotu) dont il est question p. 125 : ce minéral n'a pas été rencontré dans les îles volcaniques de l'Archipel.

Le prétendu charbon de Rapa est un *lignite*, intercalé dans les tufs basaltiques. Des laves altérées et pyritisées existent à Rurutu, mais elles sont sans intérêt économique.

Les terres rouges des Tubuai sont employées localement comme *ocre*.

⁽¹⁾ Sur le bord de l'atoll de Clipperton se trouve une petite butte (dôme?) de *trachyte* : il a été signalée par sir Jethro Teall qui a bien voulu nous en envoyer un fragment; il n'est intéressant qu'à cause de sa phosphatisation. (Voir p. 125).

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

L'*olivine*, en gros grains jaunes transparents, et l'*augile* en cristaux de plus d'un centimètre, à formes nettes, sont parmi les éléments des *ankaramites* et des *océanites*.

(158). *Haüyne*. Ce minéral, d'un très beau bleu foncé ou d'un vert bleuâtre, se trouve dans les *tahitites* de Vairao en cristaux atteignant 3 centimètres; ce sont les plus gros cristaux de ce minéral que je connaisse.

(265). *Thalite* (silicate hydraté de magnésie) dans les cavités des basaltes de Tahiti.

Certains basaltes de la vallée de Papenoo, à Tahiti, et ceux de Mangareva (Gambier) renferment de très belles géodes de cristaux de diverses zéolites (285-289), *chabasie*, *analcime*, *christianite*, *gismondine*, ainsi que des fibres de *mésote* et de *mésolite*.

III. — LITHOLOGIE

C'est l'étude de nos collections de Tahiti qui m'a permis de montrer, dès 1904, que les roches de cette île, contrairement à l'opinion courante d'alors n'avaient pas la composition des laves circum-pacifiques, mais celle des roches, dites atlantiques. Depuis lors, j'ai précisé ces conclusions que des recherches de divers savants, en même temps que les miennes, ont permis d'étendre à toutes les roches intrapacifiques.

Ces laves sont essentiellement de facies basaltique; les *basaltes* α sont rares; ce sont le plus souvent des *basaltes* β ou des *basaniloïdes*, c'est-à-dire des roches basaltiques à silice déficitaire se traduisant dans le calcul par l'apparition d'une proportion importante de néphéline virtuelle existant à l'état potentiel dans le verre ou de carnégiéite dans le plagioclase; ces roches sont accompagnées de types mélanocrates, *ankaramites* et *océanites*, mais ces laves noires sont associées aussi à des types de couleur plus ou moins claire (*andésites augitiques*, *trachyles* et enfin *phonolites*), beaucoup moins abondantes.

Dans plusieurs îles, j'ai découvert, en outre, des séries intrusives de roches grenues dont les types les plus variés et les plus compliqués se trouvent à Tahiti, où ils constituent une série néphélinique, alors que dans d'autres îles (Tahaa, Bora-Bora), ce sont des *gabbros*.

Si l'étude minéralogique et chimique permet d'établir une grande parenté entre toutes les roches des îles du Pacifique central austral — il faut, en effet, ajouter aux îles françaises les îles

Samoa et l'Archipel de Cook — il est possible d'établir parmi elles certaines catégories que j'ai groupées en trois séries.

Série néphélinique. — Cette série lithologique est caractérisée par la présence d'une importante quantité de néphéline, virtuelle ou exprimée. Les roches de ce genre sont, à la vérité, parfois accompagnées d'autres, dépourvues de néphéline, mais celles-ci ne jouent qu'un rôle minuscule.

Tahiti et Taïarapu constituent, dans le Pacifique, l'exemple le plus caractéristique de districts de roches sodiques et riches en silice déficitaire, qui entraîne la production de feldspathoïdes. La grande masse des montagnes de ces îles jumelles est constituée par des *basanitoïdes*, souvent riches en gros cristaux d'olivine et d'augite, passant à des *ankaramites*. Quelques coulées de *basaltes* β et d'*andésites labradoriques* β leur sont associées.

A ces roches épanchées, il faut en ajouter d'autres, *trachytes phonolitiques* et *phonolites*, dont la mise en place est postérieure à une partie au moins des roches noires. Peut-être en est-il de même pour un type lithologique nouveau, que j'ai nommé *tahilite*, remarquable par ses beaux cristaux d'haüyne bleue et dont une variété néphélinique, plus potassique, a été appelée *tautirite* par Iddings.

Dans le centre de l'île, au milieu de ces laves à facies basaltique, ont fait intrusion des roches grenues, ou doléritiques, riches en grands cristaux de hornblende : *ihéralites* et roches néphéliniques connexes (*luscladites*, *berondrites*, *mafraïtes*, *yamaskite*, *diopsidite à olivine*, etc.). Ces roches, de couleur sombre, sont traversées par de gros dykes leucocrates de *monzonites* et de *syénites néphéliniques* qui, à leur tour, renferment des dykes étroits de *tinguaites*, *fourchites*, *monchiquites*, *campionites*.

La discussion d'un grand nombre d'analyses chimiques des laves dépourvues de néphéline exprimée et des roches grenues néphéliniques m'a conduit à démontrer l'homologie magmatique des unes et des autres.

A cette série, il faut rattacher l'île Mehetia.

Les énormes distances séparant les diverses îles de l'Archipel Tubuaï expliquent que ces îles ne constituent pas un groupement lithologique homogène. L'île Tubuaï doit être rattachée à Tahiti, avec ses *phonolites*, ses *basanitoïdes* et ses *ankaramites*, tandis que Raivavae ne renferme que des *basanitoïdes*, des *basaltes* β et des *ankaramites*.

Il est curieux de constater que la petite île Ua Pou, malgré sa proximité de Nuku hiva, diffère complètement de celle-ci au point de vue de sa composition lithologique. La base de l'île est formée

par des *basanitoïdes* et des *basaltes* β , mais tous les pitons aigus, aux formes si caractéristiques, qui constituent ses crêtes, sont constitués par des *phonolites* très néphéliniques, dont quelques-unes renferment de la *leucite* : c'est le seul exemple d'une telle composition dans le Pacifique. Parmi ces phonolites se trouvent les roches les plus riches en soude des îles océaniques; seules peuvent en être rapprochées les phonolites de l'archipel de Cook.

Série intermédiaire. — Comme la précédente, cette série renferme des roches à néphéline, exprimée ou virtuelle, et d'autres, sans feldspathoïdes, mais l'importance relative de ces deux groupes de roches est renversée; ce sont les dernières qui prédominent. Cette série est moins homogène que la précédente.

Il faut réunir Moorea, malgré sa proximité de Tahiti, à Raiatea et à Huahine. Les *basaltes* de Moorea sont du type β et sont accompagnés d'*ankaramites* et d'*océanites*; il existe aussi des *trachytes phonolitiques*, un peu néphéliniques et une *latite*, la seule roche du Pacifique un peu plus potassique que sodique.

A Raiatea, une série basaltique semblable à la précédente est associée à une *andésite oligoclasique* et à des *trachytes phonolitiques*, passant à des *phonolites*. La constitution de Huahine est analogue, mais sans andésite.

Peut-être faut-il ajouter à cette série Bora-Bora, entièrement basaltique, mais ses basaltes β' renferment un peu de néphéline virtuelle et sont traversés par des intrusions de gabbros et de pegmatitoïdes β .

Enfin, parmi les îles Tubuaï, Rurutu est constituée par des *basaltes* β , des *basanitoïdes* et des *ankaramites*, alors que Rapa, plus complexe, renferme, en outre, des *andésites labradoriques*, des *trachytes néphélinifères* et des intrusions de *luscladite*; c'est une analogie avec Tahiti.

Série sans néphéline. — Plus variables que les séries précédentes sont les combinaisons lithologiques de cette série.

Dans les Marquises, Nuku Hiva et Ua Huka ont sensiblement la même composition; les *basaltes* α ou β , passant à des *ankaramites*, sont associés à des *andésites andésiniques* α ou β , à des *latites* et surtout à des *trachytes* α ou β .

Eiao (Masse) ne renferme que des roches noires (*basaltes*, *océanite* et *andésite augitique*).

Hiva Oa ne contient que des *basaltes* β et des *andésites* et un gros dyke de *gabbro*. Il en est de même pour Fatu hiva et Tahuata, où a été trouvé, en outre, un dyke de *basanitoïde*.

Les îles Gambier sont uniquement basaltiques, avec des *ankaramites* et surtout des *océanites*. C'est de Putua, à Mangareva, que provient l'océanite la plus riche en olivine connue.

A Tahaa et Maupiti, les basaltes β dominant, accompagnés de basalte analcimique, de gabbros et d'une latite α . A Maupiti, des basaltes α et β et une intrusion d'un *gabbro* à olivine sont associés à une *andésite andésinique* et à une *doréite*. Enfin Tubuai Manu (Maïao), en dépit de sa proximité de Tahiti, ne renferme que des basaltes β et des *andésites andésiniques*.

Après être restées pendant longtemps parmi les moins connues, dans le monde, au point de vue pétrographique, les îles du Pacifique central ont beaucoup attiré l'attention depuis quelques années. Ce sont, avec les Comores, les seules, parmi les Colonies françaises, où des études lithologiques, autres que les miennes, aient été faites méthodiquement. Je liens à citer à ce sujet les travaux de mes collègues anglais ou américains MM. Marshall, Campbell Smith et Chubb, Iddings, H. Washington et Miss Kayes.

PRINCIPAUX DONATEURS. — M. le gouverneur Bouge, M. Brisson, M^{me} Brouard, MM. L.-J. Chubb, Colin, Deflesselles, l'amiral Dumont-d'Urville, Jardin, Keraoult, P. Marshall, Martin, D^r Rollin, Saget, W. Campbell Smith, Tillinac, Touze.

BIBLIOGRAPHIE

Abrard (R.).

1. Contribution à l'étude géologique des îles Marquises et Gambier. *Cong. Soc. sav.* Dijon, 1923, p. 127-129.

Jardin (E.).

2. Essais sur l'histoire naturelle de l'archipel de Mendana ou des Marquises. 1^{re} Partie : Géologie et Minéralogie (roches déterminées par L. Cordier). *Mém. Soc. Sci. nat. de Cherbourg*, IV (1856), p. 49-64.

Lacroix (A.).

3. Les roches à néphéline de Tahiti. *C. R.*, CXXXIX (1904), p. 953-956.
4. Note sur la minéralogie de Tahiti. *B. S. F. M.*, XXVII (1904), p. 272-279.
5. Conséquences générales à tirer de l'étude de la constitution pétrographique de Tahiti. *C. R.*, CLI (1910), p. 121-126.
6. Les roches alcalines de Tahiti. *B. S. G. F.*, (4) X (1910), p. 91-124, 2 pl.
7. Le soi-disant granite de Bora-Bora. *C. R. Soc. géol. France*, (1916), p. 178-179.

Lacroix (A.).

8. Sur quelques roches volcaniques mélanocrates des Possessions françaises de l'Océan Indien et du Pacifique. *C. R.*, CLXIII (1916), p. 177-183.
9. Les laves à haüyne de l'Auvergne et leurs enclaves homœogènes : importance théorique de ces dernières [Définition des tahitites]. *C. R.*, CLXIV (1917) p. 581-588.
10. Archipel de la Société (Tahiti, etc.), in *Minéralogie de Madagascar*, III (1923), p. 279-289.
11. La constitution lithologique des îles volcaniques de la Polynésie australe. *Proceed, Third Pan-Pacific Congress*. Tokyo, (1926), p. 734-757.
12. La constitution lithologique des volcans du Pacifique central austral. *C. R.*, CLXXXV (1927), p. 425-428.
13. *Ibid. Bull. volcanologique*, N^{os} 13-14 (1927), p. 218-231.
14. La constitution lithologique des îles volcaniques de la Polynésie australe. *Mém. Ac. des Sci.* LIX (1927), p. 1-82, 1 carte.
15. Les pegmatitoïdes des roches volcaniques à facies basaltique. *C. R.*, CLXXXVII (1928), p. 321-326.
16. Nouvelles observations sur les laves des îles Marquises et de l'île Tubuai (Polynésie australe). *C. R.*, CLXXXVII (1928), p. 365-369.
17. Nouvelles observations sur les laves des îles Sous-le-Vent de l'Archipel de la Société. *C. R.*, CLXXXVII (1928), p. 397-401.
18. Sur la constitution des laves de l'île Mehetia (Archipel de la Société). *C. R.*, CLXXXVII (1928), p. 857-860.
19. La constitution minéralogique et chimique des laves intrapacifiques (Pacifique central austral). *Proceed. Fourth Pacific Science Congress*. Java, (1929), p. 941-950.
20. La composition des laves de l'île Eiao (Masse) (Archipel des îles Marquises). *B. S. G. F.* (5), I (1931). (Sous presse).
21. Les phonolites néphéliniques et leucitiques de l'île Ua Pou (Archipel des Marquises) *C. R.*, CXLIII, 1931, p. 1161-1166.

Michel-Lévy (Albert).

22. Examen pétrographique de quelques roches volcaniques des îles Tuamotou et de l'île Pitcairn. *C. R.*, t. CXLI (1905), p. 895-897.

d) COTE DES SOMALIS

Magmatiquement la Côte des Somalis est à rapprocher des îles océaniques, aussi m'en occuperai-je à la suite de celles-ci, malgré leur situation continentale.

Cette Colonie située sur le bord de la mer Rouge fait partie de la zone de l'Afar (comprise dans le sens d'Edw. Suess), effondrée au pied du massif ancien abyssin, au N.-W. du haut plateau Somali, au Sud; la Mer Rouge est à l'Est. Son sol est uniquement volcanique, constitué par une succession de coulées rhyolitiques, intercalées entre des coulées basaltiques.

Dès 1899, j'ai montré le caractère hyperalcalin de ces rhyolites.

Depuis lors, cette région a été explorée et décrite par plusieurs de mes élèves, MM. Arsandaux, Teilhard de Chardin et Lamare et j'y ai fait moi-même une rapide excursion.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Il n'y a à signaler à cet égard que les salines exploitées sur le bord de la mer à Djibouti et le gisement de sel du lac Assal qui contient une quantité appréciable de chlorure de potassium.

II. — LITHOLOGIE

Les *basaltes* appartiennent à des types β , assez variés au point de vue de la composition et de la structure; ils sont aphanitiques, doléritiques ou porphyriques, et alors, soit à plagioclases, soit à olivine et augite; dans ce dernier cas, ils passent à de véritables *ankaramites*.

Ces basaltes renferment parfois des concrétions siliceuses, des cristaux de *calcite* dus à des altérations secondaires.

Plus intéressante est la série rhyolitique hyperalcaline, comprenant des types presque hololeucocrates (*comendites*) et d'autres (*pantellérites*), riches en minéraux ferro- ou ferrisodiques, exprimés ou virtuels.

Des récoltes récentes de MM. Teilhard de Chardin et Lamare faites au Mont Fantalé, sur le trajet abyssin du chemin de fer de Djibouti à Adis Abbada, m'ont fourni l'occasion de préciser la constitution de ces roches, du point de vue minéralogique et chimique, de montrer leur continuité et de mettre en évidence deux facies, l'un, pyrogène souvent obsidiennique, renfermant parfois des phénocristaux de *cossyrite* et des microlites d'*ægyrine* aciculaire; l'autre, pneumatogène, riche en *ægyrine*, *riebeckite*, *cossyrite* pœcilitiques, en orthose sodique sphérolitique, en quartz, parfois même en associations micropegmatiques de ces deux derniers minéraux. Cette forme pneumatogène renferme des lithophyses d'un grand intérêt pour la discussion des phénomènes d'autopneumatolyse des magmas volcaniques.

Cette série rhyolitique, retrouvée par M. Lamare dans l'Yémen, est remarquablement analogue, pour la forme pyrogène, aux *pantellérites* de *Pantellaria*, pour la pneumatogène, aux *comendites* et aux *pantellérites* du *Hakutosan* en Corée et de l'Est africain.

L'ensemble de cette province pétrographique Somali peut être comparé aussi à celles de l'W. et du N.-W. de Madagascar.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. M. Arsandaux, M. Dreyfuss, Girod, A. Lacroix, Tristan Lacroix, Lamare, Teilhard de Chardin.

BIBLIOGRAPHIE

Arsandaux (H.).

1. Contribution à l'étude des roches sodiques de l'Est africain. *C. R.*, CXXXVII (1903), p. 876-879.
2. Contribution à l'étude des roches basaltiques de l'Est africain. *C. R.*, CXXXVII (1903), p. 1308-1311.
3. Résultats pétrographiques d'un voyage dans le pays Somali-Dankali et en Abyssinie. *C. R. Cong. Soc. Sav.* (1904).
4. Résultats pétrographiques du voyage de MM. de Rothschild dans le pays Somali-Dankali et en Abyssinie (en collab. avec M. H. Neuville). *Bul. Muséum*, n° 3 (1905), p. 204-213.
5. Sur l'extension des roches alcalines dans le bassin de l'Aouache. *C. R.*, CXL (1905), p. 449-451.
6. Contribution à l'étude des roches alcalines de l'Est africain. Mission Duchêne Fournet (Thèse de doctorat). Paris, 1906, 100 p., 20 fig. et 10 pl.

Lacroix (A.).

7. Sur les rhyolites à ægyrine et riebeckite du pays des Somalis. *C. R.*, CXXXVIII (1899), p. 1353-1356.
8. Les rhyolites et les trachytes hyperalcalins quartzifères, à propos de ceux de la Corée. *C. R.*, CLXXXV (1927), p. 1410-1415.
9. Plateau abyssin et somali. Afar, in *Minéralogie de Madagascar*. T. III (1923), p. 272-274.
10. Les roches hyperalcalines du Massif de Fantalé et du col de Balla (Abyssinie). *Mém. Soc. géol. France* (N. S.), VI (1931), *Mém.* n° 4, p. 59-102.

Lamare (P.).

11. Les manifestations volcaniques post-crétacées de la Mer Rouge et des pays limitrophes. *Mém. Soc. géol. France* (N.S.), VI (1931), *Mém.*, n° 14, p. 21-48.

Teilhard de Chardin (P.).

12. Observations géologiques en Somalie française et au Harrar. *Mém. Soc. géol. France*, NS, VI (1931), p. 5-20, *Mém.* n° 14.

B. — LES PETITES ANTILLES

MARTINIQUE ET GUADELOUPE

La composition des laves des volcans de la Martinique, de la Guadeloupe et de ses dépendances, les Saintes, aussi bien que celle des Colonies anglaises voisines (la Dominique, Sainte-Lucie, Saint-

Vincent) offrent un contraste frappant avec la composition des laves des îles Océaniques. Lithologiquement, les Petites Antilles doivent être rattachées à la ceinture des volcans circumpacifiques et particulièrement à ceux qui, en Amérique, longent la bordure de l'Océan, depuis les îles Aléoutiennes jusqu'à la Patagonie. Les basaltes n'y jouent plus qu'un rôle restreint et constituent des types étroitement délimités; les trachytes et les phonolites, et d'une façon plus générale toutes les roches à feldspathoïdes, sont absentes. Les roches prédominantes constituent une série *dacito-andésitique*.

Dans ces îles, l'activité éruptive semble avoir débuté au cours du Tertiaire et certainement au moins à partir de l'Oligocène. Il n'existe plus de volcans en activité qu'à la *Montagne Pelée* (Martinique) et à la *Soufrière de Saint-Vincent*. Quant à la Soufrière de la Guadeloupe; elle est réduite à une phase solfatarienne, avec fumeroles dégageant surtout de l'hydrogène sulfuré et déposant d'abondants cristaux de soufre sur des laves aujourd'hui entièrement transformées en opale.

L'éruption catastrophique de la Montagne Pelée, en 1902, a eu une douloureuse importance au point de vue humain, puisqu'elle a coûté la vie à la ville de Saint-Pierre et à ses trente mille habitants, mais elle a permis d'étudier ce type de volcan plus à fond que ne l'avait été aucune autre éruption. Toutes les manifestations de celui-ci ont été notées, enregistrées, photographiées, pendant plus d'une année par mes soins et ceux de mes collaborateurs de la mission scientifique que j'ai dirigée alors à la Martinique. Il s'est trouvé que cette éruption a présenté des phénomènes qui n'avaient pas été constatés jusqu'alors, aussi l'année 1902 a-t-elle fait époque dans l'histoire du volcanisme.

Les caractéristiques essentielles de cette éruption ont consisté dans la formation d'un *dôme* par l'extrusion d'un magma dacitique très visqueux, dans un vieux cratère. A la partie supérieure de ce dôme s'est produite l'extrusion, à l'état solide, d'une aiguille rocheuse dont l'ascension et la destruction ont été suivies pendant plus d'une année, nuit et jour. La démonstration de tous les détails de ce phénomène nouveau est d'une importance capitale pour le volcanisme. En même temps, de ce dôme en voie de construction, partaient des *nuées ardentes*, le phénomène destructeur de Saint-Pierre dont j'ai fait une minutieuse étude. Ce phénomène, qui n'avait encore été décrit dans aucun volcan, accumulait sur les flancs de la montagne, dans un secteur toujours le même, une masse énorme de matériaux, à haute température, qui a persisté pendant plus d'une année. L'abondance des pluies tropicales déterminant l'arrivée d'une grande quantité d'eau dans les vallées remblayées par ces matériaux à température élevée,

entraînait la production de phénomènes pseudovolcaniques, de fumerolles secondaires sans racine, et aussi de torrents boueux chauds dont l'étude a été minutieusement faite. Une fois réalisé le refroidissement de ce qui restait de ces matériaux rejetés par l'éruption, les phénomènes torrentiels ont continué à se produire, avec leur caractère destructeur, mais ils n'avaient plus de volcanique que les roches et les boues transportées.

Une nouvelle éruption se poursuit depuis la fin de 1929. Le dôme de 1902-1903 a été en partie détruit; sur sa place, s'édifie, par le même mécanisme (nuées ardentes d'avalanche), un nouveau dôme de même composition.

La constitution minéralogique de la Martinique et de la Guadeloupe étant la même, dans ce qui va suivre, je n'établirai pas de distinction entre les deux îles.

I. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

Le sol ne fournit aucun minéral intéressant au point de vue économique; des recherches de *pétrole* dans les formations oligocènes du S.-W. de la Martinique n'ont donné que des résultats négatifs.

Le gisement *phosphaté* de l'îlot de la Perle, sur la côte Nord de la même île, dont il est question page 125, n'a qu'un intérêt théorique. Le *soufre* des fumerolles a été recueilli parfois (Guadeloupe), mais il n'existe pas en quantité vraiment industrielle.

II. — MINÉRAUX D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

A la Soufrière de la Guadeloupe, il faut citer de beaux échantillons de *soufre* cristallisé, formés dans des fumerolles sulfhydriques; on les trouve envahissant même des terrains encore couverts de végétation, lorsque les fumerolles se déplacent sur les pentes de la Soufrière. De jolis cristaux de *réalgar* y ont été aussi observés. Des fumerolles de même nature se rencontrent dans le dôme de la Montagne Pelée. J'y ai suivi pendant tout mon séjour l'action progressive de l'acide sulfurique sur les dacitoïdes, peu à peu transformées en opale, avec, comme minéral transitoire, la *natro-alunite* et le *gypse*.

Au cours de l'éruption, des fumerolles à haute température, dans quoi se sublimait du *sulfate de sodium* m'ont permis de recueillir et d'observer la forme uniaxe et optiquement négative (*métathénardite*) de ce minéral se formant au-dessus de 500° C.; elle n'avait pas encore été observée dans la nature; au bout de quelques

jours, elle se transformait en *thénardite* (97), la seule forme stable à basse température.

Nous possédons de beaux cristaux d'*hématite* spéculaire provenant des fentes d'une andésite de la rivière Duplessis (Guadeloupe).

Dans la partie ancienne de la Martinique, au Morne des Pétrifications, situé à l'extrémité S.-E de l'île et constitué par des tufs basaltiques oligocènes; il existe en abondance des *bois silicifiés* et de belles géodes de *calcédoine* (156) et diverses variétés de *jaspe*. Le basalte du même gisement est riche en zéolites (185-189) (*mésotype*, *analcime*, *heutandite*, *stilbite*).

III. — LITHOLOGIE

Dans toutes les Antilles, et particulièrement à la Martinique et à la Guadeloupe, la série *dacito-andésitique* a pour termes extrêmes des *dacites*, oligoclasiques, andésiniques ou labradoriques, et des *andésites* renfermant les mêmes feldspaths et une quantité variable des mêmes minéraux ferromagnésiens, mais les roches saturées sont relativement peu abondantes et les andésites α sont de beaucoup les plus fréquentes. Toutes ces roches présentent les mêmes plagioclases, très zonés, avec association de types pauvres et de types très riches en anorthite, quelle que soit la teneur en silice de la roche. L'hypersthène est fréquent, généralement associé à l'augite, quelquefois à la hornblende, plus rarement à la biotite qui se rencontre surtout dans les types les plus riches en silice libre. L'olivine réactionnelle n'est jamais abondante, mais elle est très fréquente dans ces roches à silice libre. Quelques roches renferment du *grenat almandin*, ou de la *cordiérite* en gros grains bleus; ce dernier minéral était instable dans le magma, aussi a-t-il été en partie épigénisé par des plagioclases très basiques, de l'hypersthène et du spinelle.

Les *dacites* d'un gisement déterminé, tel que les pitons du Carbet, à la Martinique, renferment, en outre des minéraux précédents, de gros cristaux bipyramidés de quartz dans une pâte qui peut être vitreuse, microlitique, feldspathique, sans quartz, ou enfin microgrenue, riche en quartz, sans que la composition chimique change. Ces variations sont donc dues uniquement à des conditions variées de cristallisation. Les mêmes particularités ont été réalisées dans la lave de 1902, avec cette seule différence qu'il n'y existe pas de phénocristaux de quartz; la composition chimique est, d'ailleurs, la même que celle de la dacite du Carbet. Ce sont ces faits qui m'ont conduit à proposer le mot de *dacitoïde* pour désigner toutes les roches de la famille dacitique, dans quoi la silice libre reste à l'état

potentiel; dans les laves de la Montagne Pelée, elle atteint 20 0/0. Au cours de cette éruption de 1902, pour la première fois, il a été donné de voir le quartz apparaître dans une lave en voie de consolidation; je me suis attaché à en expliquer la production qui a suivi celle de la tridymite.

Les *dacites* et les *dacitoïdes* des Antilles sont riches en *enclaves homoeogènes*, hyalodoléritiques, riches en hornblende; leur étude m'a conduit à montrer la généralité de l'existence de telles enclaves dans les dacites de nombreux autres centres volcaniques et de mettre en évidence leurs relations chimiques avec la roche englobante (quantité plus grande d'éléments colorés et d'anorthite, proportion moindre de silice libre).

Notons enfin que parmi les matériaux de projection de l'éruption de 1902 se rencontrent toute une catégorie de laves à cordiérite, dans quoi une partie au moins de ce minéral s'est formée par voie pneumatolytique. J'ai recueilli des roches semblables parmi les produits de projection de la Soufrière de l'île Saint-Vincent, lors de son éruption de 1902.

De véritables *basaltes* existent à la Guadeloupe et aussi, mais à l'état subordonné, à la Martinique; à l'îlot-des Ramiers (baie de Fort-de-France), les pores d'un basalte doléritique sont riches en petits cristaux d'hypersthène d'origine pneumatolytique, minéral qui n'existe pas comme élément normal de la roche.

Le laboratoire possède une abondante collection de toutes ces roches et aussi des diverses modalités de *bombes en croûte de pain*, caractéristiques des explosions vulcaniennes du début de l'éruption de 1902, et enfin des *brèches ignées* produites dans le dôme.

On peut y voir aussi une intéressante collection, qui ne se rapporte plus qu'indirectement au volcanisme, mais qui est importante pour la discussion de la genèse de certaines roches.

Une fois la ville de Saint-Pierre renversée par la nuée ardente du 8 mai 1902, un violent incendie, allumé par les feux domestiques, a brûlé tous les matériaux combustibles de certaines maisons; quelques-unes d'entre elles ont été transformées pendant des semaines en véritables brasiers qui ont fondu les murs construits en galets de dacitoïdes, cimentés par du mortier de chaux de polypiers et par du sable volcanique. Il s'est produit ainsi de véritables petites coulées englobant des fragments de charbon de bois: celui-ci a déterminé des phénomènes de réduction dans ce magma artificiel dont l'évolution de la recristallisation a pu être suivie. Ailleurs, la fusion des murs, de la cendre récente qui les couvrait, des objets métalliques contenus dans les maisons et oxydés au contact de l'air, des vitres, etc., a constitué des magmas locaux de composition hétérogène qui, grâce à un refroidissement très lent, ont

pu cristalliser en donnant une foule de minéraux de synthèse dont j'ai longuement étudié et discuté les propriétés et les associations.

DONATEURS. — MM. Arsandaux, Boutin, Etchagaray, Guinoiseau, Lacombe, A. Lacroix, Perney, Frank-Perret, Sévère, Tardon.

BIBLIOGRAPHIE

a) MARTINIQUE.

Arsandaux (H.).

1. Sur l'éruption actuelle de la Montagne Pelée. *C. R.*, CXCI (1930), p. 623-625. *C. R.*, CXC (1930), p. 761-763.
2. L'éruption actuelle de la Montagne Pelée. *C. R. Cong. soc. sav.* (1930).

Lacroix (A.).

3. Sur la composition minéralogique des roches volcaniques de la Martinique et de l'île Saba. *C. R.*, CXI (1890), p. 71-73.
4. Extrait d'une lettre relative à la mission de la Martinique. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 147-150.
5. Sur l'éruption de la Martinique (en commun avec MM. Rollet de l'Isle et Giraud), rapport de la mission envoyée par l'Académie. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 377-450.
6. Sur les roches rejetées par l'éruption actuelle de la Montagne Pelée. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 451-454.
7. Les enclaves des andésites de l'éruption actuelle de la Montagne Pelée. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 470-472.
8. Nouvelles observations sur les éruptions volcaniques de la Martinique. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 672-674.
9. Sur l'état actuel du volcan de la Montagne Pelée à la Martinique. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 771-773.
10. État actuel du volcan de la Martinique. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 992-997.
11. Quelques observations minéralogiques faites sur les produits de l'incendie de Saint-Pierre. *C. R.*, CXXXV (1902), p. 1068-1071.
12. Les roches volcaniques de la Martinique. *C. R.*, CXXXIV (1902), p. 1246-1248.
13. Sur les cendres des éruptions de la Montagne Pelée, de 1851 et de 1902. *C. R.*, CXXXIV (1902), p. 1327-1329.
14. Les roches volcaniques de la Martinique. *C. R.*, CXXXIV (1902), p. 1369-1371.
15. Sur quelques productions boueuses consécutives à l'éruption de la Montagne Pelée. *Revue générale Sciences*, XIV (1903), p. 115-116.
16. Sur quelques faits d'endomorphisme observés dans les ruines de Saint-Pierre (Martinique). *C. R.*, CXXXVI (1903), p. 28-30.
17. La cordiérite dans les produits éruptifs de la Montagne Pelée et de la Soufrière de Saint-Vincent. *C. R.*, CXXXVII (1903), p. 145-147.
18. Les enclaves basiques des volcans de la Martinique et de Saint-Vincent. *C. R.*, CXXXVII (1903), p. 211-213.
19. Les éruptions de nuages denses de la Montagne Pelée. *C. R.*, CXXXVI (1903), p. 216-218.

Lacroix (A.).

20. L'éruption de la Montagne Pelée en janvier 1903. *C. R.*, CXXXVI (1903), p. 442-443.
21. Sur les principaux résultats de la mission de la Martinique. *C. R.*, CXXXVI (1903), p. 871-876.
22. Sur le gisement de la calcédoine et des bois silicifiés de la Martinique. *B. S. F. M.*, XXVI (1903), p. 150-152.
23. Observations au sujet de la cristallisation du zinc par recuit, faites dans les ruines incendiées de Saint-Pierre. *B. S. F. M.*, XXVI (1903), p. 184-188.
24. Diverses notes dans le *Journal Officiel* de la Martinique sur l'éruption en cours et ses produits (1902-1903).
25. L'éruption de la Martinique. Conférence faite à la Sorbonne à la séance annuelle de la Société des Amis des Sciences. *Revue Scientifique* XX, (4) (1903), p. 674-686.
26. La Montagne Pelée et ses éruptions. Paris (1904), 662 p. 30 pl. héliogr. et 238 photographies dans le texte.
27. Sur la production de roches quartzifères au cours de l'éruption actuelle de la Montagne Pelée. *C. R.*, CXXXVIII (1904), p. 792-797.
28. Observations faites à la Montagne Pelée sur les conditions présidant à la production de la tridymite dans les roches volcaniques. *B. S. F. M.*, XXVIII (1905), p. 56-60.
29. Le sulfate de sodium des fumerolles secondaires à haute température de la Montagne Pelée. *B. S. F. M.*, XXVIII (1905), p. 60-68.
30. Sur un cas curieux de cristallisation du chlorure de sodium au cours de l'éruption de la Montagne Pelée. *B. S. F. M.*, XXVIII (1905), p. 68-70.
31. Le mode de formation d'un dôme volcanique et la cristallisation des roches éruptives quartzifères, d'après les observations au cours de l'éruption de la Montagne Pelée. *Revue générale Sciences* (avril 1905).
32. Les derniers jours d'Herulanum et de Pompéi. Paris. Institut. Séance annuelle des 5 Académies (oct. 1908). F. Didot, 23 p. In-4°.
33. Contribution à l'étude des brèches et des conglomérats volcaniques. Antilles, 1902-1903; Vésuve, 1906. *B. S. G. F.* (4), V. 1905, p. 635-685, 4 pl.
34. Les avalanches sèches et les torrents boueux de l'éruption récente du Vésuve, *C. R.*, CXLII (1906), p. 1244-1249.
35. Pompéi, Saint-Pierre, Ottajano. Conférence. *Revue Sci.* 20, 27 oct. 3 nov. 1906. *La Géographie*, XVIII. N° 5 (1903), p. 281-296.
36. Sur la constitution minéralogique du dôme récent de la Montagne Pelée. *C. R.*, CXLIV (1907), p. 169-173.
37. La Montagne Pelée après ses éruptions, avec observations sur les éruptions du Vésuve en 79 et en 1906. Paris (Masson), 1908, 136 p. et 82 phot. dans le texte.
38. Dacites et dacitoïdes, à propos des laves de la Martinique. *C. R.*, CLXVIII (1919), p. 297-302.
39. Les caractéristiques lithologiques des Petites Antilles. *Livre jubilaire du Cinquantenaire de la Société géol. de Belgique* (1926), p. 386-405.
40. Remarques sur les matériaux de projection des volcans et sur la genèse des roches pyroclastiques qu'ils constituent. *Livre jubilaire du Centenaire de la Société géologique de France* (1930), p. 431-472, 4 pl.

b) GUADELOUPE.

Lacroix (A.).

1. Sur les andésites et les labradorites à hypersthène de la Guadeloupe. *C. R.*, CX (1890), p. 1347-1350.
2. Sur l'état actuel de la soufrière de la Guadeloupe. *C. R.*, CXXXVI (1903), p. 656-659.
3. Martinique, *Bibl.* n° 39. p. 61.

C. — NOUVELLES HÉBRIDES

Le Condominium de 1906 a établi la cosouveraineté franco-britannique sur l'archipel des Nouvelles-Hébrides, situé au Nord de la Nouvelle-Calédonie, dont le gouverneur y est le représentant de la France.

Les nombreuses îles de l'archipel, égrénées le long du méridien, sont de nature volcanique et corallienne; dans certaines d'entre elles, y existent en outre des sédiments miocènes. Il s'y rencontre deux volcans actifs, celui d'Ambrym, au centre de l'archipel, et l'Yasowa, dans l'île Tanna, au Sud.

Je n'ai étudié que les basaltes de l'éruption d'Ambrym, de décembre 1913, qui sont des *basaltes andésiniques* β et la lave de l'Yasowa qui est une *andésite labradorique* à pyroxène β , riche en gros phénocristaux de labrador.

Magmatiquement, les laves des Nouvelles Hébrides sont à rapprocher de celles de la ceinture circum-pacifique.

Le seul produit minéral fourni jusqu'ici par cette région est le soufre à l'Yasowa et surtout dans les solfatares de Vanoua Lava (îles Banks), dans l'extrême Nord de l'archipel.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. J. Kowalski, Robert Lugeon.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

La récente éruption d'Ambrym (décembre 1913) et la constitution des laves de ce volcan. *C. R.*, CLIX (1914), p. 489-495.

XI

LES ILOTS A GISEMENTS PHOSPHATÉS

Dans la zone tropicale humide, comprise entre le 18^e degré de latitude N. et le 23^e de latitude S., c'est-à-dire dans la zone où se trouvent plusieurs de nos Colonies, certains îlots dénudés, servant depuis des siècles de refuge aux oiseaux de mer, sont recouverts par une *carapace phosphatée*, dans certains cas suffisamment épaisse pour pouvoir être exploitée fructueusement. Cette carapace est le résultat de l'attaque de la roche sous-jacente par les produits solubles des déjections des oiseaux, entraînés par la pluie, réaction aidée par des actions microbiennes. Mais c'est là un phénomène déjà ancien, ne se continuant pas de nos jours, du moins sur une grande échelle. L'action de l'atmosphère a fait disparaître complètement tous les sels solubles, a brûlé toute la matière organique de ce guano, aussi un intérêt tout spécial s'attache-t-il à l'observation suivante qui montre le phénomène en action.

Phosphates de formation actuelle dans les tunnels de lave de la Réunion. — La collection du Muséum renferme un échantillon d'un phosphate hydraté d'alumine et d'ammoniac (131), décrit en 1822 par Vauquelin. Une analyse plus précise m'a montré que c'est là une forme ammoniacale du phosphate d'alumine et de potasse (*minervite*) de la grotte de Minerve (Hérault), décrit par Armand Gautier. Lors de mon voyage à la Réunion, j'ai pu rencontrer M. de Villèle, petit fils de Desbassyns, le donateur de 1822. Il savait que son aïeul avait exploité, pour engrais, du guano dans un tunnel de lave s'ouvrant à mi-hauteur de la falaise de la ravine Saint-Gilles. Non sans peine, nous avons pu descendre dans ce tunnel, repaire de chauve-souris, et constater que ses parois et son plancher, fort humides, sont couverts par une sorte de crème, d'un blanc jaunâtre, molle et gluante, qui, par dessiccation a fourni le minéral cherché. Il résulte de l'attaque du basalte par le phosphate bi-ammoniacal soluble des déjections des chauve-souris; il est accompagné d'un autre phosphate rare, la *newbéryite* (131), connu seulement dans le guano d'Australie et du Chili, et d'un sulfate alcalin nouveau, voisin de la *lecontite*.

Il n'est pas douteux que, dans le cas le plus général, cette minervite ammoniacale, peu stable, est un produit transitoire, elle

doit se dissocier sous l'influence de l'eau et fournir les phosphates stables, dont il va être question plus loin.

On a vu, p. 59, que des gisements morts de minervite d'origine comparable, sont connus dans des grottes en Algérie.

La nature des phosphates produits dans de telles conditions est naturellement liée à la nature de la roche, aux dépens de laquelle ils se forment, c'est pourquoi il y a lieu de considérer les deux cas suivants.

a) ILES A SUBSTRATUM SILICATÉ

Quelle que soient la nature et la composition de la roche initiale, la marche du phénomène est identique. La silice, les alcalis, la chaux, la magnésie sont éliminées et le produit définitif est, après dissociation du stade transitoire, minervite, un phosphate d'alumine hydraté que j'ai pu assimiler à la *variscite*, c'est pourquoi j'ai proposé de désigner ce type de transformation sous le nom de (133) *variscilisation*. Ce minéral, bien cristallisé, existe parfois seul, mais il est souvent accompagné d'un produit colloïde hydraté alumineux qui permet de comprendre pourquoi, dans ce cas, la roche transformée renferme toujours plus d'alumine qu'il n'en faut pour saturer l'anhydride phosphorique. On voit que, d'une façon générale, il y a une certaine analogie entre le mécanisme du phénomène qui nous occupe et celui de la *latéritisation*.

α. Substratum formé par des roches grenues ou métamorphiques anciennes. — Guyane. — L'îlot du Grand Connétable, situé sur la côte de la Guyane, au large de l'embouchure de l'Approuague, renferme un gisement d'un grand intérêt, car c'est là que j'ai rencontré le maximum de pureté du produit phosphaté. Les roches transformées sont des gneiss, plus ou moins amphiboliques, traversés par des filons de quartz et de dolérite. Le produit de transformation de toutes ces roches (quartz excepté) est caverneux, blanchâtre, d'ordinaire rougeâtre aux affleurements : il cimenté des blocs de roche restée intacte ou constitue dans celles-ci des veines ayant jusqu'à 2 m. d'épaisseur. Les cavités de la roche phosphatée sont tapissées de concrétions mamelonnées de variscite, à structure fibrobacillaire. La variscite est holocristalline et quelquefois mélangée à un phosphate ferrique, la (133) *barrandite*, connue jusqu'alors dans un seul gisement, en Bohême. Les imprégnations phosphatées dans le gneiss et dans la dolérite sont, par contre, souvent riches en produits colloïdes.

Iles de Los. — Le même phénomène a été réalisé à l'île de Corail, aux dépens des syénites néphéliniques, mais là, le produit phosphaté ressemble à de l'opale zonée.

β. *Substratum formé par des roches volcaniques.* — Le produit phosphaté formé aux dépens de roches volcaniques est beaucoup moins pur que dans le cas précédent, mais son produit cristallisé est encore la variscite. On peut continuer à distinguer ce phosphate impur sous le nom de *redondite*, donné à un produit analogue de l'île de Redonda, Antilles, d'où il a été décrit autrefois comme minéral indépendant, mais il est bien entendu qu'il s'agit là d'un mélange et non d'une espèce minérale distincte.

Martinique. — La *brèche dacitique* constituant l'îlot de la Perle situé sur la côte N.-W. de l'île, est recouverte par une carapace phosphatée concrétionnée, brunâtre, ayant l'aspect d'une opale impure. J'ai trouvé encore le même produit sous forme des *stactolites*, à structure concentrique, renfermant des fragments végétaux à structure conservée, dans une grotte de la *dacite* de l'îlot du Diamant, sur la côte S. de la Martinique.

Clipperton. — Une transformation du même ordre s'observe à la surface du *trachyle* de l'atoll Clipperton, dans le Pacifique Nord, au large de la côte du Mexique [Cf. p. 107 (note)]. Notre collection possède un échantillon de cette *redondite* étudiée par H. Teall.

b) ILES A SUBSTRATUM CALCAIRE

Plus nombreux et plus intéressants au point de vue économique que les précédents sont les îlots coralliens, dont la surface a été transformée, par le même mécanisme, en un phosphocarbonate de calcium, la (137) *collophanite* : elle constitue la seule production minérale de ces îles. A la surface, ces dépôts sont parfois incohérents ou pulvérulents, mais ils deviennent rapidement durs en profondeur, là où le calcaire corallien a été plus ou moins complètement épigénisé, tout en conservant souvent sa structure, compacte, oolithique, bréchiforme, ou coquillière. Des dépôts gypseux se forment quelquefois au milieu d'eux, par suite du dessèchement d'un lagon central.

Archipel Tuamotu. — Le gisement le plus important des Colonies françaises, et qui est actuellement activement exploité, se trouve dans l'île de Makatea, celle des îles Tuamotu, qui est la plus rapprochée de Tahiti.

Les calcaires transformés d'âge tertiaire (éocène?), ont été soule-

vés jusqu'à 70 m. de hauteur. Ils n'ont souvent pas beaucoup changé d'apparence; leur phosphate est surtout la collophanite; au contact du substratum, elle forme dans celui-ci des veinules. Quand la roche transformée était poreuse ou renfermait des cavités à l'état originel, tous ces vides peuvent être remplis par la collophanite parfaitement pure, homogène, à cassure vitreuse.

Ces calcaires sont creusés de puits verticaux de corrosion, antérieurs au soulèvement; ils ont été sondés jusqu'à une profondeur de 53 m., ils sont remplis par des sables coralliens incohérents phosphatisés.

Clipperton. — Les calcaires coralliens de cet atoll sont aussi phosphatisés. On trouve donc dans cet flot les deux types de phosphates.

Nouvelle-Calédonie. — Certains flots coralliens, qui entourent ou avoisinent la Nouvelle-Calédonie, présentent le même phénomène. Notre collection en renferme notamment des échantillons (petits fragments de coraux blancs intacts, cimentés par la collophanite jaunâtre (provenant des îles Chesterfield (590 km. à l'W. de la pointe N. de la Nouvelle-Calédonie), et de l'îlot Huon, sur prolongement de l'extrémité N. de l'île.

Juan de Nova. — Des phosphates sont également exploités dans l'île Juan de Nova, située sur le parallèle de Beravina, à 80 milles de la côte occidentale de Madagascar. J'en ai fait jadis l'étude et une analyse de M. OrceI a montré que la collophanite de ce gisement présente la particularité assez fréquente d'être pauvre en carbonate de calcium, la plus grande partie de celui-ci, étant remplacée par une quantité équivalente de chaux, comme cela a lieu dans certaines apatites.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (A.).

1. Sur un gisement de redondite à la Martinique. *B. S. F. M.*, XXVIII (1905), p. 13-16.
2. Sur la transformation des roches volcaniques en phosphate d'alumine sous l'influence des produits d'origine physiologique. *C. R.*, CXLVII (1906), p. 661-664.
3. Formation (de variscite) aux dépens des roches silicatées alumineuses, sous des actions physiologiques (variscitisation). *Minéralogie de la France et de ses colonies*, IV (1910), p. 481-484 et 488.
4. Sur l'existence d'une variété de minervite à la Réunion. *B. S. F. M.*, XXXIII (1910), p. 34-37.
5. Altération d'ordre biologique (phosphatisation) [des syénites des îles de Los]. *Nouvelles Archives du Muséum* (5) III (1911), p. 90-93.

Lacroix (A.).

6. Sur les minéraux du guano de la Réunion. *B. S. F. M.*, XXXV (1912), p. 114-119.
7. Les gisements de phosphates de l'île Juan de Nova. *B. S. F. M.*, XLI (1918), p. 100-103.
8. Les îles à phosphates des Colonies françaises. *C. R. Séance Académie Sciences colon.*, 1931 (sous presse).

Orcel (J.).

9. Note sur la composition chimique de la phosphorite de l'île Juan de Nova (Madagascar). *B. S. F. M.*, XLI (1918), p. 104-108.

Vauquelin.

10. Analyse d'un phosphate d'alumine naturel. *Ann. Chimie et Physique*, XXI (1822), p. 188-196.
-

XII

LES ALTÉRATIONS DES ROCHES
DANS LES PAYS INTERTROPICAUX

(LATÉRITISATION)

A l'exception de l'Afrique du Nord, des îles Saint-Pierre et Miquelon, de l'extrémité méridionale de Madagascar et des îles de l'Océan austral, la plus grande partie de la France d'Outre-mer est comprise dans la zone intertropicale. Sauf le Sahara central et méridional et la côte des Somalis, nos possessions sont donc des pays de *Terres rouges* dont la production implique un climat chaud et humide, avec en outre existence d'une saison sèche. Leur genèse est vraisemblablement en relation avec des micro-organismes, bien que cette hypothèse ait besoin encore d'une démonstration directe.

Suivant leur latitude et leur altitude, ces pays présentent tous les degrés possibles du phénomène de la latéritisation; il n'existe plus au voisinage de 2.000 mètres. Il y avait donc lieu de l'étudier d'une façon précise; j'ai été le faire, sur place, en Guinée, au Soudan, à Madagascar, après en avoir vu les résultats aux Antilles, et plus tard, en Indochine, en Malaisie, dans les Indes néerlandaises, etc. D'autre part, mon ancien élève, M. Arsandaux, l'a étudié en Afrique occidentale et au Gabon.

Il a été ainsi possible de recueillir dans ces divers pays une collection de produits de la latéritisation des roches les plus diverses (granites, gneiss, gabbros, amphibolites, basaltes, etc.), à partir de la roche intacte. Ces échantillons, soumis à des études microscopiques et chimiques qui ont été publiées, sont conservés au laboratoire, comme annexe de la collection lithologique.

Dans les pays intertropicaux, toutes les roches silicatées alumineuses peuvent présenter les transformations habituelles aux roches des pays à climat tempéré, c'est-à-dire l'élimination des alcalis, de la chaux, de la magnésie qui conduit à la production de silicates alumineux, mais, sous les tropiques, ces kaolins, ces argiles, renferment généralement plus ou moins d'hydrates d'alumine et de fer libres; ce sont des *argiles latéritiques*. Quand la transformation est poussée plus loin, la silice est peu à peu éliminée,

pour donner les véritables *latérites*, ne renfermant plus que des hydrates d'alumine de fer et de titane. Le produit final est qualitativement le même, quelle que soit la roche initiale, à condition bien entendu de ne pas tenir compte du quartz ou autres minéraux restés non altérés, et à condition que la roche initiale contienne du fer; celui-ci se concentre toujours en surface, où ils s'oxyde.

Il existe à Madagascar de véritables latérites, dans le sens que je donne à ce terme, qui sont blanches, parce que les roches initiales, granites et pegmatites, étaient hololeucocrates. La couleur rouge, si elle est très fréquente dans les latérites, ne doit donc pas entrer nécessairement dans leur définition.

Du point de vue minéralogique, j'ai distingué, suivant l'état moléculaire de l'hydrate d'alumine, les *latérites gibbsitiques*, où cet hydrate est cristallisé, sous forme d'hydrargillite (gibbsite) et les *latérites bauxitiques*, dans quoi cet hydrate se trouve, en totalité ou en grande partie, constitué par des *alumogels* à 1 ou 3 molécules d'eau. Ces latérites présentent parfois une belle structure pisolitique; l'hydrargillite peut aussi y exister, mais à l'état secondaire.

Des séries d'échantillons ont été réunis pour montrer les diverses étapes du phénomène dans ce que j'ai appelé la *zone de départ*, en contact avec la roche intacte dont a été conservée la structure par persistance du squelette des minéraux détruits, bien que la quantité de silice puisse être encore considérable, puis dans la *zone de concrétion*, où toute structure initiale a disparu et où l'élimination de la silice s'achève plus ou moins complètement.

Suivant les pays, ou bien cette zone de concrétion forme une *cuirasse latéritique* continue (sur les bowals de la Guinée), on l'appelle *roche à ravets* en Guyane et aux Antilles, ou bien cette cuirasse est discontinue ou absente et remplacée alors, près de la surface, par des rognons, des gâteaux, ou simplement des pisolites ferrugineux (*Bienhoa* de la Cochinchine).

La latéritisation ne se produit pas seulement aux dépens des roches en masses continues, il existe aussi des *argiles latéritiques* et des *latérites d'alluvions et d'éluvions* et encore des *latérites alluvionnaires*, formées par des débris de latérites plus anciennes, cimentées par des hydrates.

Cette question de la latéritisation n'est pas seulement intéressante du point de vue scientifique; elle a une grande importance agricole. A cet égard, non seulement la composition chimique, mais la texture, a une grande importance. Les argiles latéritiques (terres rouges, terres brunes et terres noires) du basalte de la Cochinchine et de l'Annam doivent certainement leur fertilité à leur état d'agrégation, à leur porosité vis-à-vis de l'humidité, qui les rend particulièrement propres à la culture du Café, de l'Hévea, du Quinquina, surtout quand elles sont imprégnées par l'humus de la forêt

récemment détruite. Par contre, beaucoup de terres rouges de Madagascar, dépourvues de l'humus de la forêt, détruite depuis très longtemps, sont gluantes une fois mouillées, dures et cassantes quand elles sont sèches; elles constituent alors un milieu défavorable aux cultures. Enfin la cuirasse latéritique de la Guinée, compacte et dure, est à peu près impropre à la végétation.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. Arsandaux, A. Lacroix.

BIBLIOGRAPHIE

Arsandaux (H.).

1. Contribution à l'étude des latérites. *C. R.*, CXLIX (1909), p. 682-635.
2. Contribution à l'étude des formations latéritiques. *C. R.*, CXLIX (1909), p. 1082-1084.
3. Nouvelle contribution à l'étude des latérites. *C. R.*, CL (1910), p. 1698-1701.
4. Contribution à l'étude de l'altération des roches silicatées alumineuses dans les régions intertropicales. *B. S. F. M.*, XXXVI (1913), p. 70-110.

Jannettaz (Ed.).

5. Gibbsite, beauxite de la Guyane française. *B. S. F. M. I.*, (1878), p. 70-71.

Lacroix (A.).

6. Altération latéritique, in Les Syénites néphéliniques des îles de Los. *Nouv. Arch. Mus. Paris.* (5). III. (1911), p. 87-90.
 7. Les produits d'altération des roches silicatées alumineuses et en particulier les latérites de Madagascar. *C. R.*, CLIX (1914), p. 617-622.
 8. Les latérites de Guinée. 178. *C. R.*, CLXXVIII (1914), p. 1109-1114.
 9. Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. *Nouv. Arch. Mus. Paris.* (5) V (1914), p. 255 à 356 + 7 planches.
 10. Les altérations des roches silicatées alumineuses (latérites et terres rouges), in. *Minéralogie de Madagascar*, III (1923), p. 71 à 137 + 1 planche.
 11. Du Congrès pan-pacifique à l'Indochine. *C. R. des Sc. Colon.* IX (1927), p. 56-58.
-

XIII

MÉTÉORITES ET TECTITES

I. — MÉTÉORITES

La collection du Muséum possède des échantillons de toutes les météorites tombées sur le sol de France d'Outre-mer et souvent la totalité de ce qui en a été recueilli. Elles sont exposées dans une vitrine spéciale de la Galerie de Minéralogie, au pied de la statue de Cuvier.

J'ai donné (n° 1 de la Bibliographie ci-dessous) le catalogue détaillé et explicatif de ces météorites, avec leur bibliographie. Je me contenterai donc de reproduire ici la liste des chutes, ordonnées suivant la nature lithologique de leurs météorites, avec leur bibliographie purement minéralogique, présentée par ordre géographique.

ASIDÉRITES et SPORASIDÉRITES (Aérolites). — I. *Groupe calcomagnésien* (Eucrites).

Bereba, Haute-Volta, 27 juin 1924.

II. *Groupe magnésien*.

a. Grenu (*Diogénites*).

Tataouine, Tunisie, 27 juin 1924.

b. CHONDRITES.

Senhadja, Algérie, 25 août 1865.

Tadjéra, Algérie, 9 juin 1867.

Phnom Penh, Cambodge, 30 juin 1868.

Feid Chair, Algérie, 16 août 1875.

Phu-Hong, Cochinchine, 22 septembre 1887.

Tuan-Tuc et Vinh Luoc, Annam, 30 juin 1921.

Beyrouth, Syrie, 31 décembre 1921.

SYSSIDÉRITES. — Chinguetti, Mauritanie. Trouvée en 1920.

HOLOSIDÉRITES (Fers météoriques). — Tamentit, Touat, XIV^e siècle, trouvée en 1864, rapportée en 1927 (510 kgm.).

Fouta sénégalais, Haul Sénégal, trouvées aux XVII^e, XVIII^e siècles.

Dellys, Algérie, août 1865.

Haniet el Beguel, Sahara algérien, antérieure à 1888.

Hassi Iekna, Sahara algérien, tombée avant 1890.

N'Goureyma, Soudan français, 15 juin 1900.

PRINCIPAUX DONATEURS. — MM. les Gouverneurs généraux de l'Algérie : le Maréchal de Mac-Mahon, Violette; M. le Gouverneur Hessling (Haute-Volta).

Directeurs de Service des Mines : MM. Ville (Algérie), Jacob et Blondel (Indochine).

MM. Delauney, Filio, Henry Hubert, Lewden, Moevus, Panisse, Peyremol, Pouyanne, Tissot.

II. — TECTITES

Les tectites sont des fragments de verre, homogène, très siliceux, noir ou vert, ayant la composition d'un granite calco-alcalin, très spécial, plus potassique que sodique, riche en fer. Elles sont curieusement sculptées par corrosion; elles gisent, éparses dans des alluvions, probablement pléistocènes, de régions privilégiées (Moldavie, en Europe; Australie et Tasmanie; îles Billiton et Bornéo; Malaisie; Philippines); elles ont été décrites sous des noms variés *moldavite*, *bouteillenstein*, *australite*, *billitonite*, *verre de Darwin*, etc.

Leur parenté chimique dans l'ensemble des régions, la constance de leur composition chimique et de leurs propriétés physiques, dans une région déterminée, si vaste soit-elle, les conditions uniformes de leur gisement, ont conduit à éliminer pour l'interprétation de leur origine toute explication autre que celle d'une origine météoritique, bien que celle-ci ne puisse être démontrée pour l'instant.

J'ai montré l'existence, puis la grande abondance des tectites dans toute l'Indochine et surtout au *Cambodge*, en *Annam*, au *Kouang-tchéou wan* et les ai décrites en détail. Elles ont la forme de larmes, de poires, de sphères, d'ellipsoïdes, de disques, etc. Notre collection en renferme de magnifiques séries s'élevant à plusieurs milliers d'individus, dont le plus gros pèse 630 grammes; c'est probablement la plus volumineuse tectite connue.

PRINCIPAUX DONATEURS. — M. le Gouverneur général Pasquier. M. le Résident supérieur Lavit.

MM. Bourret, E. de Chatelat, Courtois, Fendler, Fromaget, Krempf, De Launay, Le Breton, Lochard, colonel Mailles, Poilane, D^r Yersin.

BIBLIOGRAPHIE

A. — *Météorites.*

I. — GÉNÉRALITÉS.

Lacroix (A.).

1. Les météorites tombées en France et dans ses Colonies, et conservées au Muséum d'Histoire naturelle, avec remarques sur la classification des météorites. *Bull. Mus.*, XXXIII (1927), p. 411-455.

II. — ALGÉRIE.

Daubrée (A.).

2. Météorites tombées le 25 août 1865 dans la tribu des Senhadja, cercle d'Aumale province d'Alger, fer météorique signalé à Dellys. *C. R.*, LXII (1866), p. 72-78.
3. Météorite tombée le 9 juin 1867, en Algérie à Tadjéra, près Sétif province de Constantine. *C. R.*, LXVI (1868), p. 513-519.
4. Note sur la chute d'une météorite qui a eu lieu le 16 août 1875 à Feid Chair, dans le cercle de La Calle, province de Constantine. *C. R.*, LXXXIV (1877), p. 70-72.

Meunier (Stanislas).

5. Étude chimique de la matière colorante noire de la tadjérite. *C. R.*, LXXII (1871), p. 339-343 (Tadjera).
6. Contribution au métamorphisme météorique. *C. R.*, LXXIII (1871), p. 1284-1285 (Tadjera).
7. Application du métamorphisme météorique à l'étude de la croûte noire des météorites grises (Tadjéra). *C. R.*, LXXV (1872), p. 449-503.

III. — TUNISIE.

Lacroix (A.).

8. Sur une chute de météorite dans l'Extrême-Sud tunisien, le 27 juin 1931. *C. R.*, CXCI (1931) (séance du 10 août).
9. L'aérolithe (*diogénite*) de Tataouine (Tunisie) *B. S. F. M.*, LIV (1931) (sous presse).

IV. — AFRIQUE OCCIDENTALE.

Meunier (Stanislas).

10. Sur une masse de fer métallique qu'on dit être tombée du ciel, au Soudan, le 15 juin 1900. (N'Goureyima, Haut Niger). *C. R.*, CXXXII (1901), p. 441-444.

Lacroix (A.).

11. La météorite (eucrite) tombée dans la Haute Volta, le 27 juin 1924. *C. R.*, CLXXXI (1925), p. 745-749.
12. Sur une chute de météorite survenue dans la Haute Volta, en 1924. *Bull. Com. des études historiques et Sc. de l'Afrique occidentale française* (1925), p. 529-533.
13. Météorite de la Haute Volta. *C. R. Séances, Ac. des Sc. Coloniales*, VI (1925-26), p. 169-170.
14. L'eucrite de Bereba (Haute Volta, et les météorites feldspathiques en général. *Nouv. Arch. Mus.*, 6^e s., 1 (1926), p. 15-58, 7 pl.
15. Les veinules fondues des météorites ; leur analogie avec les pseudotachylites des régions terrestres érasées. *C. R.*, CLXXXII (1926), p. 1581-1584.

V. — SAHARA.

Daubrée (A.).

16. Météorite holosidère découverte à l'intérieur du sol en Algérie à Haniet el Beguel. *C. R.*, CVIII (1889), p. 920-931.

Meunier (Stanislas).

17. Fer météorique récemment tombé à Hassi Iekna, en Algérie. *C. R.*, CXV (1892), p. 531-533.

Lacroix (A.).

18. Sur un nouveau type de fer météorique trouvé dans le désert de l'Adrar en Mauritanie. *C. R.*, CLXXIX (1924), p. 309-313.
19. Les fers météoriques du Sénégal et du Sahara. *C. R.*, CLXXIX (1924), p. 357-360.
20. Le fer météorique de Chinguetti. *Ac. des Sc. Coloniales* (1925), p. 352-355.
21. Le fer météorique de l'oasis de Tamentit dans le Touat. *C. R.*, CLXXXIV (1927), p. 1217-1220.
22. La composition et la structure du fer météorique de Tamentit. L'oxydation des fers météoriques à haute température. *C. R.*, CLXXXV (1927), p. 313-317.

VI. — SYRIE.

Lacroix (A.).

23. Sur un aéroliithe tombé à Beyrouth (Syrie), le 31 décembre 1921. *C. R.*, CLXXXVIII (1929), p. 949-950.

VII. — INDOCHINE.

Daubrée (A.).

24. Météorite tombée le 22 septembre 1887 à Phu-Long, Binh Chanh (Cochinchine). *C. R.*, CVI (1888), p. 38.

Lacroix (A.).

25. Les météorites de Tuan Tuc (30 juin 1921) et de Phu Hong, 22 septembre 1887) en Cochinchine. *C. R.*, CLXXX (1925), p. 1977-1980.

B. — *Tectites.*

Lacroix (A.).

26. Sur l'existence des tectites au Cambodge. Leur morphologie. *C. R.*, CLXXXVIII (1929), p. 117-121.
27. Sur la composition chimique des tectites et particulièrement de celles du Cambodge. *C. R.*, CLXXXVIII (1929), p. 284-288.
23. Nouvelles observations sur les tectites de l'Indochine. *C. R.*, CXCI (1930), p. 893-899.
29. Les tectites de l'Annam : conséquences à tirer de leur étude. *C. R.*, CXCII (1931).
30. Les tectites des Philippines. *C. R.*, CXCIII. (1931).
-

XIV

TYPES NOUVEAUX DE MINÉRAUX ET DE ROCHES
DÉCOUVERTS DANS LA FRANCE D'OUTRE-MER

*Les noms précédés d'une * sont ceux des minéraux et des roches qui ne sont connus que dans leur gisement originel.*

I. — *Minéraux.*

* Ambatoarinite (A. Lacroix, 1915).	Madagascar.
* Ampangabéite (A. Lacroix, 1912).	Madagascar.
* Berthonite (Buttgenbach, 1923).	Tunisie.
* Betafite (A. Lacroix, 1912).	Madagascar.
* Bityite (A. Lacroix, 1908).	Madagascar.
* Befanamite. Var. de Thortveitite (A. Lacroix, 1923).	Madagascar.
* Chromohercynite (A. Lacroix, 1920).	Madagascar.
* Dussertite (J. Barthoux, 1925).	Algérie.
* Egueite (A. Lacroix, 1910).	Eguel.
* Faratsihite (A. Lacroix, 1914).	Madagascar.
* Flajolotite (A. Lacroix, 1910).	Algérie.
* Fornacite (A. Lacroix, 1915).	Afrique équat.
Garniérite (W. B. Clarke, 1874).	N. Calédonie.
Genévite (L. Duparc et M. Gysin, 1927) = idocrise.	Maroc.
* Grandidiérite (A. Lacroix, 1902).	Madagascar.
* Hypersthène β (A. Lacroix, 1904-1910).	M ^{me} Pelée.
* Imerinite (A. Lacroix, 1910).	Madagascar.
Lechateliérite (A. Lacroix, 1915).	Sahara.
* Manandonite (A. Lacroix, 1912).	Madagascar.
* Metathénardite (A. Lacroix, 1905-1910).	M ^{me} Pelée.
* Minervite ammoniacale (A. Lacroix, 1913).	La Réunion.
* Morganite (F. Kunz, 1911) = (var. de béryl).	Madagascar.
Nadorite (Flajolot, 1870).	Algérie.
* Népouite (Glasser, 1907).	N ^{lle} Calédonie.
Nouméite (Liversidge, 1874) = garniérite.	N ^{lle} Calédonie.
* Orthose ferrifère (A. Lacroix, 1912).	Madagascar.
Planchéite (A. Lacroix, 1908).	Afrique équat.
* Samirésite (A. Lacroix, 1912).	Madagascar.
Senarmontite (Dana, 1858).	Algérie.
* Sérandite (A. Lacroix, 1931).	Iles de Los.
Torendrikite (A. Lacroix, 1920).	Madagascar.
* Villiaumite (A. Lacroix, 1908).	Iles de Los.

II. — *Roches.*

Aiounite (Duparc, 1925).	Maroc.
* Antsohite (A. Lacroix, 1923).	Madagascar.
* Ampasiménite (A. Lacroix, 1923).	Madagascar.